

Министерство образования и науки Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
Союз предприятий стройиндустрии Свердловской области
Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона
НП «Управление строительства «Атомстройкомплекс»
ООО «Производственно-строительное объединение «Теплит»

**ОДНОСЛОЙНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ
ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА
В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Сборник докладов

II научно-практического семинара

под редакцией проф., д-ра техн. наук Ф. Л. Капустина

Екатеринбург

УрФУ

2009

УДК 692:691.327.332(06)

ББК 38.33л0+38.42л0

043

Однослойные ограждения из автоклавного газобетона в современном строительстве: сб. докл. II науч.-практ. семинара. 24 ноября 2009 г./ под общ. ред. Ф. Л. Капустина. Екатеринбург : УрФУ, 2010. 96 с.

Сборник содержит статьи по материалам докладов участников научно-практического семинара «Однослойные ограждения из автоклавного газобетона в современном строительстве». Основные темы семинара: недостатки трехслойных ограждений; теплозащитные свойства однослойных ограждающих конструкций из автоклавного газобетона, их влажностный режим; долговечность газобетонных конструкций; энергосбережение при строительстве зданий и сооружений; правила безопасной и эффективной работы с газобетоном; нормативно-техническая база на изделия из газобетона.

В сборник вошли научно-технические статьи представителей вузов, научно-исследовательских учреждений, проектных и производящих организаций России.

УДК 692:691.327.332(06)

ББК 38.33л0+38.42л0

© УрФУ, 2010

© Авторы, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Приветственное слово | 5 |
| Корнеев В. А. Министерство строительства и архитектуры Свердловской области | |
| Перспективы развития сборного домостроения в России | 6 |
| Семченков А. С. ФГУП НИЦ «Строительство», филиал НИИЖБ | |
| Основные направления деятельности Национальной Ассоциации Производителей Автоклавного Газобетона | 8 |
| Левченко В. Н. НААГ | |
| Эксплуатационные свойства современного автоклавного газозолобетона | 12 |
| Вишневецкий А. А., ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ Б. Н. Ельцина», ООО «ПСО «Теплит» | |
| Энергосберегающие свойства ячеистого бетона | 19 |
| Паплавскис Я., <i>Aeroc International AS</i> | |
| Новая продукция ООО «ПСО «Теплит» | 26 |
| Вишневецкий А. А., Левченко В. Н., ООО «ПСО «Теплит» | |
| Недостатки трехслойных ограждающих конструкций | 30 |
| Алтухов А. Л., «Институт «Мосгражданпроект» | |
| Экономичные дома из газобетона | 38 |
| Вылегжанин В. П., Центр ячеистых бетонов | |
| Российский и европейский опыт строительства зданий из автоклавного газобетона | 45 |
| Глумов А. В., ООО «Н+Н» | |
| Ограждающие конструкции с применением автоклавного газобетона в Санкт- Петербурге: проблемы, пути решения | 49 |
| Гринфельд Г. И., ООО «Аэрок СПб» | |
| Критерий энергоэффективности ограждающих конструкций зданий | 54 |
| Горшков А. С., Санкт-Петербургский государственный политехнический университет | |
| Оптимизация проектирования ограждающих конструкций жилых зданий: однослойные конструкции из газобетона автоклавного твердения | 59 |
| Садов А. В. ООО «Энергостройресурс», Сальников В. Б. ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ» | |

| | |
|--|----|
| Оценка долговечности стеновой конструкции из газобетона | 64 |
| Горшков А. С., Кнатько М. В., Рымкевич П. П., Санкт-Петербургский государственный политехнический университет | |
| Требования к штукатурным составам для наружной отделки стен из ячеистобетонных блоков | 76 |
| Паплавскис Я., Фрош А., <i>Aeroc International AS</i> | |
| Стены каркасных зданий: газобетонная кладка с навесными облицовками | 82 |
| Гринфельд Г. И., ООО «Аэрок СПб» | |
| Сборно-монолитные перекрытия и перемычки из автоклавного газобетона | 86 |
| Соколов А. А., ФГУП НИЦ «Строительство», филиал НИИЖБ | |
| Новые стандарты на ячеистые бетоны автоклавного твердения | 93 |
| Вишневецкий А. А., ООО «ПСО «Теплит» | |

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

*В. А. Корнеев, начальник отдела министерства строительства и архитектуры
Свердловской области, г. Екатеринбург*

Уважаемые коллеги!

Разрешите передать вам приветствие министра строительства и архитектуры Свердловской области Александра Владимировича Карлова и пожелать успешной работы.

Актуальность темы навеяна самим вопросом надежности работы строительной конструкции. Всем известно, что однослойная ограждающая конструкция легко эксплуатируется, обследуется и ремонтируется. С другой стороны – экономика вопроса: эта ограждающая конструкция занимает много места на диске перекрытия, поэтому преимущества получают трехслойные конструкции. Технические и экономические критерии позволяют бизнесу сделать выбор в сторону той или иной конструкции. Если не делается выбор в сторону легкого материала, значит, он недостаточно хорош, над ним нужно продолжать работать, улучшать его свойства до требуемых значений.

Я хотел бы коротко сообщить о работе строительного комплекса Свердловской области. За 10 месяцев этого года введен 1 млн м² жилья, что составляет 94,3% к уровню прошлого года. Объем строительно-монтажных работ составил 57,7 млрд руб. – 63% к уровню прошлого года. Доля убыточных организаций в строительстве увеличилась до 41,7 %, т. е. живем мы пока не очень хорошо. Обычно эта доля составляет 18-20%. Объем товаров собственного производства промышленности строительных материалов за 10 месяцев составил 25 млрд руб. Это около 60% к уровню прошлого года. Доля убыточного сектора около 55%, т. е. есть еще над чем трудиться. Но радует, что объем инвестиций в основных капиталах выше, чем в прошлом году, и составил 1 млрд 850 млн руб. – 100,1% к уровню прошлого года. То есть мы строим и обновляем свои производственные мощности. Для сравнения: в Свердловской области максимальный ввод жилья был в 1987 г., он составил 2 млн 362 тыс. м² жилья. В то время производилось 643 млн штук условного кирпича ограждающих конструкций. В 2007 г. производился уже 1 млрд штук условного кирпича. Из них 50% составляет газобетон, остальное – кирпич.

Союз предприятий стройиндустрии внимательно следит за развитием отрасли строительных материалов, мы всячески помогаем предприятиям, в том числе по производству газобетона. Основным недостатком в работе является недостаток финансирования научных исследований.

Удачи вам!

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОБЕТОНА В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*А. С. Семченков, д-р техн. наук, профессор,
директор института НИИЖБ, г. Москва*

Одной из основных проблем современного строительного рынка России является завышенная стоимость квадратного метра жилья. Главные причины, на мой взгляд, две – это, во-первых, низкая экономичность применяемых конструктивных решений, во-вторых, желание застройщиков и инвесторов получать сверхприбыль.

И если решение второй части проблемы придет на рынок постепенно, будет вызвано падением спроса и ростом конкуренции, то проблема повышения экономической эффективности применяемых строительных конструкций может быть решена уже в настоящее время.

Наиболее простой путь – применение современных (энергоэффективных, легких, экономичных, экологических, негорючих, долговечных) строительных материалов, основанных на альтернативных вяжущих и заполнителях из местных природных материалов и техногенных отходов.

Этим условиям полностью отвечает автоклавный газобетон. Еще в 1984 году Госстрой СССР принял решение о десятикратном увеличении объема выпуска ячеистого бетона. Это было обосновано пониманием того, что Россия имеет достаточно суровый климат со своими сильными и долгими морозами. И здесь ячеистый бетон в целом (и газозолобетон в частности) является незаменимым строительным материалом. Сегодня аналогов этому продукту нет.

Ячеистые бетоны полно исследованы, обладают проверенной годами долговечностью. Современные технологические линии обеспечивают однородность свойств материала, в частности высокие прочностные характеристики и показатели сопротивления теплопередачи, позволяющие перейти к однослойным ограждающим конструкциям, исключив применение морально устаревшего кирпича и утеплителей с непрогнозируемым сроком эксплуатации. Вообще, газобетон является минеральным деревом, так как его свойства схожи с данным материалом. Но в отличие от древесины он не горит, обладает более высокой биологической стойкостью и долговечностью.

Кроме того, необходимо отметить, что усредненные теплоэнергозатраты на производство ячеистого бетона существенно ниже затрат на производство минеральных утеплителей и кирпича (181 т условного топлива на 1 м³ продукции против 314 т

соответственно). То есть уже на стадии производства материала осуществляется экономия электроэнергии до 40%.

Таким образом, ячеистый бетон – наиболее приемлемый для современного строительства материал. Его нужно более широко использовать для возведения домов по всей России.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

В. Н. Левченко, президент НААГ, директор ООО «ПСО «Теплит»

Автоклавный ячеистый бетон, или поризованный бетон, – сравнительно новый материал, его история насчитывает немногим более 100 лет. Технологию получения искусственного камня с характеристиками, близкими к дереву, на заре XX века изобрел шведский архитектор А. Эрикссон. Промышленное производство автоклавного ячеистого бетона началось в Швеции в 1929 г. Таким образом, в Европе ячеистый бетон как строительный материал получил признание еще в довоенный период.

В СССР автоклавный ячеистый бетон начал распространение позже, в 50-е годы прошлого столетия. Впервые в промышленных масштабах этот материал использовали для изготовления крупных стеновых блоков и крупноразмерных плит перекрытий промышленных зданий. При этом было установлено, что его использование способствует повышению эффективности строительства и улучшает эксплуатационные характеристики возводимых объектов. В тот период годовая мощность предприятий не превышала 50 тыс. м³ изделий.

В конце 50-х годов главным стратегическим направлением развития жилищного строительства в стране было принято крупнопанельное и крупноблочное строительство с производством комплектов изделий на мощных домостроительных комбинатах. В указанный период на территории Свердловской области (в г. Первоуральске) впервые в мире начато производство стеновых панелей из ячеистого бетона размером на комнату. Позже выпуск подобных панелей был освоен на предприятиях Свердловска, Харькова, Новосибирска и других городов [1]. Заводы автоклавного ячеистого бетона строятся и в других городах страны, в частности в Сморгони, Белгороде, Гродно, Ленинграде и др. К 1984 г. в СССР насчитывается уже 99 подобных предприятий с суммарной годовой производительностью около 5,9 млн м³ изделий. Главным видом ячеистого бетона в тот период являлся

автоклавный газобетон, уровень производства которого многократно превышал объемы производимого в стране пенобетона.

Во второй половине 80-х годов в СССР для реализации жилищной программы было принято решение довести производство автоклавных газобетонов до уровня 40 млн м³/год. К началу 1990 г. объем годового производства газобетона немного превышал уровень 6 млн м³. Но с этого времени отмечается общий спад в производстве газобетона. Ряд предприятий не смогли приспособиться к новым постсоветским условиям и закрылись.

Новая эра производства автоклавного ячеистого бетона в стране обозначена появлением на ее территории (в С-Петербурге, Новосибирске, Липецке, 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 так называемых «мелких стеновых камней» (газоблоков) размерами от 0,2 до 0,6 м. Крупногабаритная продукция представлена армированными изделиями. Высокое качество изделий стимулирует высокий спрос на автоклавный газобетон.

Особенно интенсивно расширяется производство автоклавного газобетона после 2000 г., когда стали появляться новые предприятия в Свердловской области, С-Петербурге, Ярославле, Воскресенске, Воронеже, Москве, Омске и других городах. В настоящее время строится и вводится в эксплуатацию более 20 подобных предприятий, оснащенных современными технологическими линиями.

Изделия из ячеистого бетона находят широкое применение в строительстве. Их успешно применяют для возведения ограждающих однослойных конструкций толщиной 400–500 мм в соответствии с требованиями СНиП. В строительстве малоэтажных, до 3-х этажей, зданий газоблоки удачно совмещают несущие и ограждающие функции. Их активно используют при возведении многоэтажных зданий для выполнения ограждений и внутренних перегородок. Во всех регионах страны по достоинству оценили ячеистый бетон и охотно используют его при строительстве. Вследствие этого объемы производства и реализации данного материала постоянно возрастают.

Вместе с тем перед отраслью стоит ряд проблем, сдерживающих ее развитие и более широкое использование продукции из автоклавного газобетона. В первую очередь, это завышенные требования к теплозащите ограждающих конструкций. В частности, существующие нормы регламентируют равновесную влажность в ячеистом бетоне на уровне 8% (для нормальной влажности). С учетом этого обстоятельства, ограждение из ячеистого бетона в большинстве случаев требует утепления, что повышает его стоимость. Между тем

многочисленные исследования показывают, что равновесная влажность автоклавного газобетона не превышает 4%. В этой связи предлагается внести поправки в нормативы и принять более низкие значения равновесной влажности (для условий эксплуатации А и Б 4 и 5% соответственно).

Другой проблемой является отсутствие качественных сырьевых материалов, применяемых для производства автоклавного газобетона. Особенно остро проблема стоит с производством комовой извести. На сегодняшний день промышленность ориентирована на выпуск быстрогасящейся извести 1 сорта, удовлетворяющей потребностям металлургической промышленности и производству силикатного кирпича. Между тем для изготовления автоклавного газобетона требуется известь со сроками гашения не менее 5–7 мин. Такого продукта на рынке в настоящее время явно недостаточно.

Также стоит отметить тот факт, что многие потребители оказались не готовы к новой продукции, выпускаемой современными предприятиями. В области проектирования зданий из ячеистого бетона нового поколения существует много пробелов. В результате при проектировании не учитываются особенности материала, допускаются ошибки, в итоге преимущества изделий превращаются в их недостатки. В ряде случаев идет отказ от использования в проектах данного материала, так как проще по старинке применить кирпич.

Для решения проблем, стоящих перед отраслью, в июне 2008 г. в г. Санкт-Петербурге была зарегистрирована Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (НААГ). Учредителями Ассоциации выступили ведущие предприятия по выпуску изделий из автоклавного газобетона: ООО «Аэрок СПб» (г. Санкт-Петербург), ОАО «Завод ячеистых бетонов» (г. Набережные Челны), ЗАО «Ксела-Аэроблок Центр Можайск» (Московская область), ОАО «Лискинский газосиликат» (Воронежская область), ООО «Производственно-строительное объединение «Теплит» (Свердловская область), завод «Сибит», ОАО «Главновосибирскстрой» (г. Новосибирск). Позже к этим предприятиям присоединились ООО «Эко» (г. Ярославль) и ООО «Н+Н» (г. Санкт-Петербург). Президентом Ассоциации был избран директор ООО «Производственно-строительное объединение «Теплит», почетный строитель РФ В. Н. Левченко. Исполнительным директором – начальник отдела технической поддержки ООО «Аэрок СПб» Г. И. Гринфельд. Также были проведены выборы в правление и ревизионную комиссию. Информационным партнером Ассоциации стал журнал «Строительные материалы».

Ближайшими задачами НААГ станут 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). Возглавил его известный ученый в области автоклавного газобетона, вице-президент компании *Aeroc International* Язепс Миккелевич Паплавскис. В число функций данного научно-технического совета будут входить: 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.

Необходимо остановиться на вопросах, сдерживающих использование автоклавного газобетона. Решение проблем осложнено тем, что в связи с ликвидацией Госстроя РФ отсутствует координация разработки и финансирования нормативных документов по строительным материалам. В этой ситуации предприятия, выпускающие изделия из автоклавного газобетона по современной технологии, решили сами финансировать эту работу, создать рабочую группу и привлечь в качестве головной организации НИИЖБ им. А. А. Гвоздева.

Результатом работы стало издание в 2007 г. стандартов по автоклавному газобетону (ГОСТ 31359–2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия» и ГОСТ 31360–2007 «Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Технические условия»).

Изданные стандарты являются документами, регламентирующими деятельность производителей автоклавного газобетона. Вопросы применения (проектирования конструкций из автоклавного газобетона) регламентируются СНиП, СП и др. Таким образом, с введением ГОСТов не решаются проблемы применения автоклавного газобетона. На сегодняшний день, во избежание противоречий между новыми стандартами и действующими СНиПами и сводами Правил, ведется работа по разработке нормативного документа, статус которого должен быть не ниже СНиП или свода Правил. Для этого Ассоциация (НААГ) заключила договор с Центром ячеистых бетонов (г. Санкт-Петербург) на разработку «Пособия по проектированию и применению ограждающих конструкций из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения для жилых и общественных зданий в Российской Федерации» в развитие ГОСТ 31359–2007 и 31360–2007. Срок завершения этой работы – конец 2009 г.

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.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СОВРЕМЕННОГО АВТОКЛАВНОГО ГАЗОЗОЛОБЕТОНА

*А.А. Вишневецкий, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «Уральский государственный
технический университет – УПИ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина»,
исполнительный директор ООО «ПСО «Теплит»*

Автоклавный газозолобетон появился в Свердловской области еще в 60-е годы прошлого столетия. Одним из первых предприятий, освоивших выпуск изделий из зольного газобетона, был Свердловский завод ЖБИ им. Ленинского комсомола. Первые три десятилетия основной продукцией цеха ячеистых бетонов были одно- и двухмодульные наружные стеновые панели (плотностью 700–800 кг/м³, толщиной 280 мм) крупнопанельных жилых домов нескольких серий (последняя серия 141, разработанная ЦНИИЭПжилища). Стеновые панели характеризовались классом по прочности В3,5–В5,0 и маркой по морозостойкости F35 [1]. Начиная с 1988 г. в рамках улучшения свойств выпускаемой продукции, при поддержке специалистов Уральского ПромстройНИИпроекта, заводом был освоен выпуск стеновых панелей плотностью 600–650 кг/м³ той же толщины (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики стеновых панелей, выпускаемых Свердловским заводом ЖБИ им. Ленинского комсомола в период 1962–1991 гг.

| Показатели | Плотность стеновых панелей, кг/м ³ | |
|---|---|-----------|
| | 700–800 | 600–650 |
| Класс по прочности | В3,5–В5,0 | В2,5–В3,5 |
| Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/м °С | 0,17–0,19 | 0,14–0,16 |
| Марка по морозостойкости | F35 | F25 |
| Усадка при высыхании (макс), мм/м | 0,7 | 0,7 |

Завод ежегодно выпускал от 50 до 80 тыс. м³ газозолобетонных изделий. Наружные стеновые панели из газозолобетона, выпущенные заводом имени Ленинского комсомола, активно использовали при строительстве целых микрорайонов г. Свердловска, таких как Комсомольский, Заречный, Синие Камни, Юго-Западный и др. Жилые дома с ограждениями из газозолобетона успешно эксплуатируются и по сей день – возраст некоторых домов приближается к 50 годам.

В настоящее время из газозолобетона выпускаются преимущественно мелкоштучные стеновые блоки. Крупнейшим производителем данных изделий является ООО «ПСО «Теп-

лит». На сегодняшний день двумя заводами объединения освоен выпуск мелких стеновых блоков (твинблоков) из автоклавного газозолобетона плотностью 400–600 кг/м³ на основе золы-уноса Рефтинской ГРЭС (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика газозолобетона ООО «ПСО «Теплит»

| Показатели | Плотность изделий, кг/м ³ | | |
|---|--------------------------------------|-------|-------|
| | 400 | 500 | 600 |
| Класс по прочности | B 2,5 | B 3,5 | B 5,0 |
| Марка по морозостойкости | >F50 | F100 | F100 |
| Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/м °С | 0,08 | 0,10 | 0,13 |
| Усадка при высыхании, мм/м | 0,59 | 0,56 | 0,57 |
| Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па) | 0,25 | 0,20 | 0,18 |
| Удельная эффективная активность ЕРН, Бк/кг | 77,5 | | |
| Огнестойкость | Не менее EI 150 | | |

Как видно из представленных данных, основным отличием современного газозолобетона, определяющим его прочие свойства, является пониженная плотность. Это объясняется как стремлением производителей газобетона оптимизировать производственные расходы (при снижении плотности сокращается расход основных компонентов, уменьшаются транспортные затраты и т. д.), так и внесением в 1996 г. изменений в СНиП II-3–79 «Строительная теплотехника», ужесточающих требования к ограждающим конструкциям (при снижении плотности происходит уменьшение теплопроводности).

При этом, как следует из представленных данных, прочностные характеристики газозолобетона, а также его морозостойкость при снижении плотности не только не уменьшились, но и даже возросли [2]. Обращает на себя внимание и снижение усадочных деформаций, которые, безусловно, являются главным недостатком ячеистого бетона в целом. Все это стало возможно благодаря технологическим решениям и современному оборудованию, применяемому на заводах объединения «Теплит». В частности, более точному дозированию исходных компонентов, ведению процесса автоклавной обработки при повышенном давлении (1,2–1,4 МПа), а также применению высокомарочного бездобавочного портландцемента и модифицирующих добавок.

Все это создает предпосылки для формирования особой макро- и микроструктуры газобетона. В частности, высокие прочностные характеристики объясняются повышенным содержанием минерала тоберморит, кристаллы которого имеют пластинчатое строение с размерами элементарной ячейки 1,13 нм. Повышенная морозостойкость связана с наличием в

газобетоне двухкальциевого гидросиликата. Кристаллические сростки данного силиката характеризуются повышенной пористостью, что способствует свободной миграции влаги при ее замораживании и расширению ее объема без возникновения напряжений.

Важной особенностью продукции нового поколения стали точные геометрические размеры. Благодаря этому появилась возможность использования при их монтаже клеевого раствора, при этом толщина швов не превышает 2–3 мм. Это позволяет повысить однородность стены и увеличить ее теплоизолирующую способность. Кроме этого, мелкие блоки имеют захватные карманы для рук, что значительно упрощает их монтаж.

Важным свойством современного автоклавного газозобетона является его повышенная огнестойкость. В соответствии с ГОСТ 31359–2007 газобетон относится к негорючим материалам. В 2005 г. в испытательном центре «Опытное» 26ЦНИИ Минобороны России (г. Балашиха, Московская обл.) проведены испытания фрагмента из газозобетона марки D500 толщиной 100 мм (рис. 1) в соответствии с ГОСТ 30247.1–94. Испытания показали, что за 2,5 ч теплового воздействия при температуре 1030 °С потери целостности конструкции, а также повышения температуры на необогреваемой поверхности выше 180 °С (потеря теплоизолирующей способности) не произошло (табл. 3).

Таблица 3

Изменение температуры при определении огнестойкости конструкции

| Температура | Продолжительность теплового воздействия, мин | | | | | | | | |
|--|--|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 5 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 150 |
| В печи, °С | 22 | 530 | 770 | 850 | 900 | 970 | 1030 | 1030 | 1030 |
| Внутренней поверхности, на которую осуществлялось тепловое воздействие, °С | 22,0 | 22,8 | 70,0 | 104,0 | 110,0 | 115,0 | 121,5 | 129,8 | 138,0 |
| Наружной (необогреваемой) поверхности фрагмента (максимальная), °С | 22,0 | 22,0 | 58,0 | 61,0 | 72,9 | 75,1 | 76,4 | 76,8 | 77,0 |
| Наружной (необогреваемой) поверхности фрагмента (средняя), °С | 22,0 | 22,0 | 22,2 | 34,6 | 61,9 | 67,1 | 68,0 | 68,5 | 68,7 |

Максимальная температура, зафиксированная на наружной (необогреваемой) поверхности стенового фрагмента, за 2,5 ч составила 77 °С, на внутренней – 138 °С. По полученным данным методом экстраполяции определено, что потеря теплоизолирующих свойств (повышение температуры наружной поверхности стенового фрагмента выше 180 °С) возникнет через 3,5–4 ч теплового воздействия на фрагмент из газозобетона. Такое значение будет иметь и предел огнестойкости всей конструкции. Необходимо отметить, что по огнестойкости газобетон превосходит все существующие стеновые материалы.



Рис. 1. Определение огнестойкости фрагмента толщиной 100 мм из газозолобетона марки D500 ООО «ПСО «Теплит»

Касаясь вопроса экологичности продукта, следует констатировать, что удельная эффективная активность ЕРН для газозолобетона составляет 77,5 Бк/кг (при норме не более 370 Бк/кг), что сопоставимо с показателями газобетона на песке. По этому показателю газозолобетон превосходит портландцемент, керамический кирпич и другие материалы.

Подобную продукцию заводы объединения «Теплит» выпускают уже более 5 лет. Все это время на предприятиях осуществляется не только контроль качества выпускаемого газобетона, но и изучаются его эксплуатационные свойства. В частности, оценивается влажностный режим ограждающих конструкций. Исследования проводятся на различных по назначению зданиях с разными годами постройки (табл. 5). Отмечено, что наружные конструкции из современного газозолобетона характеризуются повышенной скоростью высыхания (табл. 6). Например, влажность газозолобетонной конструкции (без наружной отделки) достигает своего равновесного значения уже к 4–5 году эксплуатации и не превышает 5% (рис. 2), в то время как для газозолобетонных панелей плотностью 600–700 кг/м³ равновесная влажность устанавливалась не ранее чем через 13 лет эксплуатации и составляла 10% [3]. Выявленная особенность может быть связана с тем, что газозолобетонные панели облицовывались паронепроницаемыми покрытиями (в основном каменный дробленый материал), что препятствовало удалению влаги через наружную поверхность. Кроме того, отличие в скорости высыхания газозолобетонных конструкций может быть следствием различий в продуктах гидратации, а также связано с особенностями макро- и микроструктуры газозолобетона.

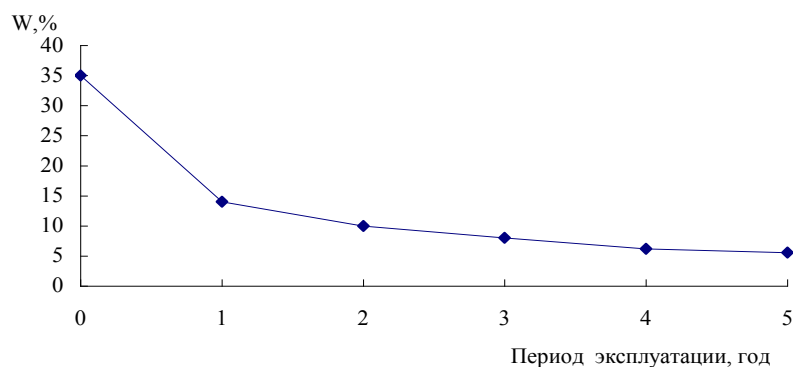


Рис. 2. Изменение эксплуатационной влажности в однослойных наружных конструкциях из автоклавного газобетона

В работе, проведенной совместно со специалистами ООО «УралСтройтест», определены коэффициенты теплопроводности при равновесной влажности 5%. Как видно из данных, представленных в табл. 4, теплопроводность при этой влажности составляет 0,127 Вт/м·°С. Также исследования показали, что теплопроводность кладки из газоблоков на клеевом составе 2–3 мм не отличается существенным образом от теплопроводности отдельного блока. Другими словами, при использовании тонких швов достигается полная однородность стены и потеря тепла через швы не происходит.




Таблица 4

Теплопроводность газобетона марки D500 в зависимости от влажности

| Влажность, мас. % | 0 | 5,0 | 6,0 | 8,0 | 12,0 | 28,0 |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С | 0,105 | 0,127 | 0,136 | 0,152 | 0,166 | 0,207 |

Необходимо отметить, что полученные результаты по равновесной влажности относятся к конструкциям без наружной отделки. Очевидно, что указанные конструкции не могут иметь широкого применения в силу своих эстетических свойств. Одним из вариантов обеспечения высокой скорости высыхания и улучшения внешнего облика газобетонных стен является их отделка паропроницаемыми защитно-отделочными покрытиями. Требования к штукатурным составам для наружной отделки ячеистого бетона приведены в работе [4]. В соответствии с ними для отделки ячеистого бетона рекомендуют использовать легкие составы с плотностью 600–1300 кг/м³. Особое внимание уделяется паропроницаемости. Сообщается, что при толщине штукатурного слоя 20 мм сопротивление паропроницанию должно быть $R^n \leq 0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, при толщине 5–6 мм – в 10 раз меньше.

Описание обследуемых объектов

| Номер объекта | Фотография | Место расположения | Назначение здания | Характеристика обследуемой конструкции | | | Срок эксплуатации, год |
|---------------|---|---|---|---|----------------------|---|------------------------|
| | | | | Материалы | Наружная отделка | Внутренняя отделка | |
| 1 |  | г. Березовский ул. Чапаева 39/4 | административное (КПП) | газозобетон D500 толщиной 300 мм | нет | <ul style="list-style-type: none"> штукатурка «Brozex» ШС-32 фасад; краска вододисперсионная. | 1,5 |
| 2 |  | г. Березовский ул. Чапаева 39/4 | административное (КПП) | газозобетон D500 толщиной 300 мм | нет | <ul style="list-style-type: none"> штукатурка «Brozex» ШС-32 фасад; обои под покраску; краска вододисперсионная. | 2,3 |
| 3 |  | пос. Рефтинский, территория РЗГЗБИ | административное (отдел сбыта) | газозобетон D500 толщиной 300 мм | нет | <ul style="list-style-type: none"> штукатурка «Brozex» ШС-32 фасад; обои под покраску; краска вододисперсионная. | 4,0 |
| 4 |  | г. Березовский ул. Чапаева 39/4 | производственное, неотапливаемое (известково- помольное отделение) | газозобетон D500 толщиной 300 мм | нет | нет | 5,0 |
| 5 |  | г. Березовский ул. Чапаева 39/4 | производственный цех | газозобетон D600 толщиной 300 мм | нет | нет | 5,0 |
| 6 |  | г. Екатеринбург ул. Высоцкого | жилой дом | газозобетон D600 толщиной 300 мм; минераловатный утеплитель – 150 мм; кирпич 120 мм | силикатный кирпич | <ul style="list-style-type: none"> штукатурка; обои под покраску; краска вододисперсионная. | 7,0 |

Влажность конструкций из автоклавного газозолотона

| Номер объекта | Ориентация стены | Период испытания | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------------|-------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------|----------------------------|------------|
| | | Ноябрь 2008 | | | Февраль 2009 | | | Май 2009 | | | Август 2009 | | |
| | | Срок эксплуатации, мес. | Средняя влажность, масс. % | | Срок эксплуатации, мес. | Средняя влажность, масс. % | | Срок эксплуатации, мес. | Средняя влажность, масс. % | | Срок эксплуатации, мес. | Средняя влажность, масс. % | |
| | | | стены | всех стен | | стены | всех стен | | стены | всех стен | | стены | всех стен |
| 1 | юг | 18 | 12,1 | 12,5 | 20 | 12,2 | 12,7 | 23 | 8,6 | 10,2 | 26 | 8,3 | 7,1 |
| | север | | 13,3 | | | 14,0 | | | 11,5 | | | 7,7 | |
| | запад | | 12,2 | | | 12,0 | | | 10,5 | | | 5,2 | |
| 2 | юг | 27 | 8,3 | 9,1 | 30 | 9,4 | 10,8 | 33 | 6,3 | 8,0 | 36 | 5,1 | 6,0 |
| | север | | 10,0 | | | 12,2 | | | 9,7 | | | 6,9 | |
| 3 | юг | 48 | 5,8 | 6,2 | 51 | 5,7 | 6,6 | 54 | 5,5 | 5,0 | 57 | 4,3 | 4,9 |
| | север | | 6,9 | | | 7,8 | | | 4,9 | | | 5,7 | |
| | восток | | 5,8 | | | 6,2 | | | 3,2 | | | 4,7 | |
| 4 | север | 60 | 5,8 | 5,6 | 63 | 6,1 | 5,8 | 66 | 6,0 | 5,5 | 69 | 3,9 | 4,2 |
| | запад | | 5,4 | | | 5,5 | | | 5,0 | | | 4,5 | |
| 5 | юг | 60 | 4,7 | 4,7 | 63 | 5,1 | 5,1 | 66 | 3,1 | 3,1 | 69 | 3,0 | 3,0 |

Таким образом, изделия из современного автоклавного газозолобетона стали более легкими, а значит более теплоэффективными. При этом их морозостойкость и прочностные характеристики значительным образом выросли. Благодаря точным геометрическим размерам, захватным карманам для рук и низкой массе изделия стали более удобными в применении. Однослойные конструкции из современного газозолобетона характеризуются повышенной скоростью установления равновесной влажности, при этом сам показатель влажности значительно снизился. В итоге можно констатировать, что современный автоклавный газозолобетон стал более энергоэффективным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежов В. Б. Совершенствование технологии и повышение качества газозолобетона / В. Б. Ежов // Бетон и железобетон, 1996. № 1. С. 8–10.
2. Вишневский А. А. Особенности производства и свойства автоклавного газозолобетона / А. А. Вишневский, В. Н. Левченко. Сб. докладов VI междунар. научно-практ. конф. «Ячеистые бетоны в современном строительстве». 2009. С. 16–19.
3. Силаенков Е. С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов / Е. С. Силаенков. М. : Стройиздат, 1986. 176 с.
4. Паплавскис Я. Требования к штукатурным составам для наружной отделки стен из ячеистобетонных блоков / Я. Паплавскис, А. Фрош. Сб. докладов VI междунар. научно-практ. конф. «Ячеистые бетоны в современном строительстве». 2009. С. 30–33.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СВОЙСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

*Я. М. Паплавскис, канд. техн. наук, действительный член Академии строительства Украины,
Aeroc International AS, Эстония*

Начиная с 1 апреля 2007 года в Украине действительны строительные нормы ДБН В.2.6 – 31:2006 «Тепловая защита зданий» взамен СНиП II-3–79. Этими нормами, в отличие от СНиП II-3–79, установлены не только требования к теплоизоляционным свойствам ограждающих конструкций, но и нормативные теплотери зданий E_{\max} , кВт·ч на 1 м² отапливаемой площади в году. При этом для ограждающих конструкций при определении теплотерь в расчет должны приниматься:

- характеристики теплопроводности,
- влажностный режим наружных ограждений,

- воздухо непроницаемость,
- тепловая инерция.

Характеристики теплопроводности. Как известно, ячеистый автоклавный бетон обладает низкой теплопроводностью, которая зависит от величины плотности ячеистого бетона. Многочисленные опыты подтвердили, что при одной и той же плотности коэффициент теплопроводности λ_0 (Вт/мК) для сухого материала не зависит от страны или фирмы изготовителя ячеистого бетона. Однако в расчет не принимаются характеристики λ_0 в сухом состоянии материала, а используется коэффициент теплопроводности при расчетном содержании влаги в процентах по массе W в нормальных или влажных условиях эксплуатации (в условиях эксплуатации А или Б). Принято, что для нормальных условий эксплуатации относительная влажность наружного воздуха не превышает 75%, а для влажных условий эксплуатации – соответственно 97%.

Каково расчетное содержание влаги в наружных стенах из ячеистого бетона?

Этот вопрос в публикациях и выступлениях на конференциях является дискуссионным. Некоторые исследователи за расчетное содержание влаги рекомендуют принимать сорбционную влажность ячеистого бетона соответственно при относительной влажности воздуха 75% или 97%. Таким образом, для условий А расчетное содержание влаги предлагается $W = 8\%$, а для условий Б соответственно $W = 12\%$. Такой подход до сих пор отражен в Своде Правил Российской Федерации СП 23-101-2000 «Проектирование тепловой защиты зданий». Это существенно занижает характеристики теплопроводности ячеистого бетона и тем самым уменьшает его конкурентоспособность по сравнению с другими материалами.

В ДБН В.2.6–31:2006 на основании обобщения многочисленных натуральных исследований зданий, проведенных в разных странах, за расчетное содержание влаги для условий А принято $W = 4\%$, а для условий Б соответственно $W = 6\%$.

Влажностный режим наружных ограждений. Ячеистый бетон содержит технологическую влагу. При ударном способе формования технологическая влага составляет около 25% по массе, а при литевом способе формования – до 35%. Кроме того, во время строительства из-за воздействия атмосферных осадков средняя влажность изделий может достигнуть 40%. Ячеистый бетон имеет способность не только впитывать влагу, но и быстрее ее терять при высыхании материала. В реальной конструкции стены скорость высыхания зависит от наружного и внутреннего температурного режима помещений и характеристик паропроницаемости внутренней и наружной отделки.

На рис. 1 и 2 приведен характер изменения влажности и коэффициента теплопроводности однослойной стены. Характеристики стены приведены на рис. 3, где показан также характер изменения весовой влажности внутри стены.



Рис. 1. Характер изменения влажности стены в зависимости от периода года

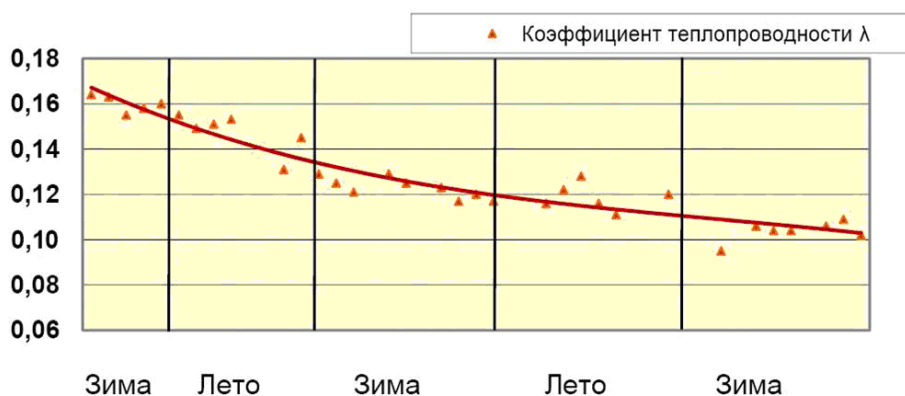
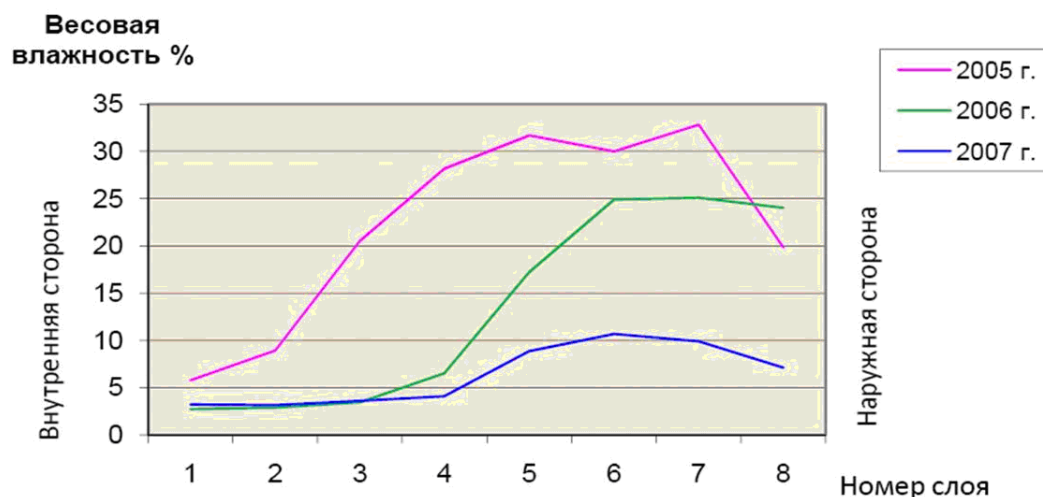


Рис. 2. Коэффициент теплопроводности стены λ , определенный путем измерения теплового потока

Коэффициент паропроницаемости данной стены составил $\mu=21,2$, что превышает рекомендуемую для ячеистого бетона величину $\mu \leq 15$. Опыт проводился в г. Таллин, который относится к региону с влажным климатом (зона Б). Результаты исследований подтвердили, что как по величине равновесной влажности, так и по величине коэффициента теплопроводности λ , имеется совпадение с величинами, указанными в ДБН В.2.6–31:2006 для условий эксплуатации Б. Образования конденсата внутри стены в ходе эксперимента не обнаружено.

Опыт показал, что даже в случае применения для наружной отделки штукатурки равновесная влажность достигается уже после второго отопительного периода. Таким образом, стены из ячеистого бетона не высыхают дольше, чем стены из других материалов, например керамзитобетона, кирпича или дерева.



| Номер слоя | 2005 17 марта | 2006 17 марта | 2007 8 мая |
|--------------------------|------------------|------------------|---------------|
| 1 | 5,77 | 2,71 | 3,22 |
| 2 | 8,91 | 2,87 | 3,16 |
| 3 | 20,52 | 3,43 | 3,63 |
| 4 | 28,19 | 6,50 | 4,11 |
| 5 | 31,69 | 17,22 | 8,87 |
| 6 | 30,01 | 24,87 | 10,69 |
| 7 | 32,82 | 25,08 | 9,90 |
| 8 | 19,84 | 24,02 | 7,13 |
| Средняя влажность | 22,22 | 13,34 | 6,34 |

Характеристики испытаний

1. Толщина стены *AEROC* 375 мм
2. Объемная масса ячеистого бетона *AEROC* кг/м³
3. Толщина наружной штукатурки 5 мм (*Maxit Serpo*)
4. Коэффициенты паропроницаемости μ :
 - для ячеистого бетона *AEROC* $\mu = 4,6$
 - для наружной штукатурки *Maxit Serpo* $\mu = 17,8$

Рис. 3. Изменение весовой влажности внутри стены

Воздухонепроницаемость. Наряду с величиной теплопроводности наружных стен, для уменьшения тепловых потерь здания большое значение имеет воздухопроницаемость наружных стен, или инфильтрация. Воздухопроницаемость характеризует количество воздуха в м³, которое проходит через 1 м² наружной стены в течение 1 часа, в случае если разница давлений воздуха равна 50 Па. В ходе измерений при помощи вентилятора в помещении создается разрежение 50 Па, которое имитирует воздействие ветра на здание.

Максимально допустимые значения воздухопроницаемости:

- в жилых помещениях 3 м³/м²ч, n50 = 3
- в прочих помещениях 6 м³/м²ч, n50 = 6.

Проведенные совместно с Таллинским техническим университетом измерения показали, что воздухопроницаемость наружных стен ячеистого бетона фирмы *AEROC* не превышает 1 м³/м²ч, т. е. n50 = 1. Следовательно, можно сказать, что наружные стены *AEROC* практически воздухонепроницаемы, т. е. непродуваемы, что значительно снижает тепловые потери.

Для сравнения следует отметить, что в многослойных стенах, например в стенах с деревянным каркасом, воздухопроницаемости достичь очень трудно, даже в случае очень высокого качества строительства. Причина в том, что между отдельными слоями, как в ходе строительства, так и при последующей эксплуатации, возникают воздушные прослойки, через которые происходят так называемые неконтролируемые тепловые потери. Поэтому в нормативной документации некоторых стран рекомендуемое значение $R_{q_{min}}(m^2K/Вт)$ дифференцировано в зависимости от того, является ли сооружение массивной стеной (ячеистый бетон, керамзитобетон, керамические или бетонные блоки) или легкой конструкцией (деревянный каркас).

Влияние воздухопроницаемости на уменьшение тепловых потерь иллюстрируют исследования, проведенные Университетом Тампере (Финляндия). Измерения были проведены в жилом помещении из ячеистого бетона фирмы *Siporex*, воздухопроницаемость которого достигала $1 м^3/м^2ч$, и в домах с деревянным каркасом и герметичностью $7-10 м^3/м^2ч$. При этом следует учитывать, что в доме с воздухопроницаемостью $7 м^3/м^2ч$ качество строительных работ контролировалось строительным надзором, во втором случае контроль качества не проводился.

Как в доме со стенами из ячеистого бетона *Siporex*, так и в доме с деревянным каркасом расчетные значения сопротивления теплопередаче для наружных стен были одинаковыми. Однако действительные теплотери (затраты энергии на отопление) в домах с деревянным каркасом вследствие воздухопроницаемости были на 30 % выше.

Сопоставление характеристик воздухопроницаемости для различных наружных стен приведено на рис. 4. В однослойной наружной стене из ячеистого бетона *AEROC* или *Siporex* (благодаря ее конструкции и простой технологии укладки) гарантируется достижение воздухопроницаемости без осуществления специального строительного надзора.

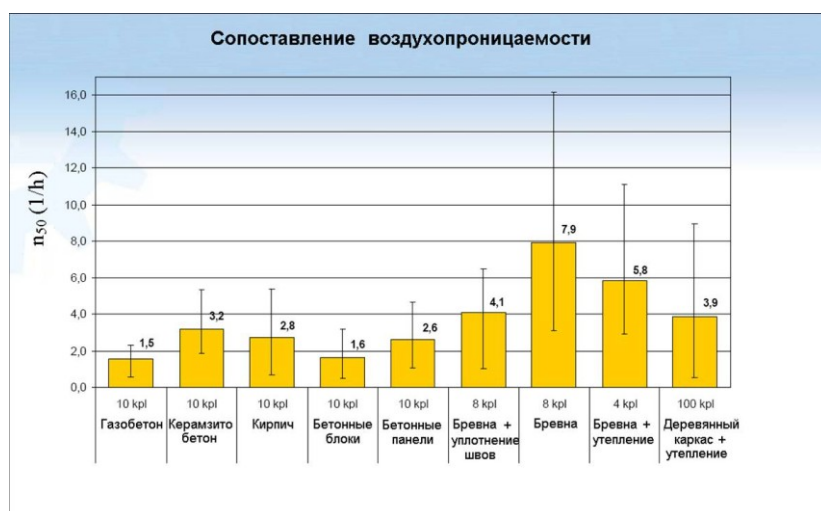


Рис. 4. Характеристики воздухопроницаемости для различных стеновых материалов

Что такое «дышащая» наружная стена? Понятие «дыхание» в строительной физике неопределенно. Поэтому, пользуясь этим словом, следует всегда уточнять, что подразумевается под «дыханием». Если под «дыханием» подразумевается движение воздуха и водяного пара сквозь конструкцию наружной стены, то это может происходить двумя способами:

- конвективным, например движение воздуха сквозь трещины и щели, что нежелательно для конструкции стены;
- диффузионным, т. е. движением молекул воздуха и водяного пара сквозь материал стены.

Количество воздуха, которое проходит сквозь стену как конвективным, так и диффузионным путем, не учитывается в строительной физике при расчете вентиляции помещения, поскольку оно мало и не обеспечивает необходимого воздухообмена в помещении. Поэтому сквозь стену вентиляции помещения не происходит. Если под «дыханием» стены подразумевают диффузионное движение сквозь стену воздуха и водяного пара, тогда это выражение корректно.

Диффузионное движение воздуха и водяного пара сквозь стену является весьма позитивным свойством материала или конструкции стены, поскольку стена аккумулирует имеющийся в помещении избыток водяного пара и углекислого газа CO_2 , которые движутся из помещения наружу, то есть в направлении от больших концентраций к меньшим концентрациям. Вместе с тем кислород, который мы используем для дыхания, движется снаружи внутрь.

Чем больше коэффициент паропроницаемости μ , тем лучше протекают вышеупомянутые процессы. В этом заключается принципиальное различие между такими стеновыми материалами как ячеистый бетон и дерево – с одной стороны, и обычный железобетон или стекло – с другой. Однослойные стены из ячеистого бетона, аналогично деревянным, обеспечивают диффузионное движение воздуха и водяного пара сквозь стену и тем самым способствуют здоровому микроклимату помещений.

Тепловая инерция. Главной целью при выборе материалов и конструктивных решений наружных ограждений должно быть обеспечение комфортного микроклимата в помещениях. Результаты исследований специалистов в области гигиены показывают, что фактической причиной многих хронических заболеваний является неудовлетворительный или плохой микроклимат в помещениях.

Ошибочно полагать, что достаточно лишь для наружных стен обеспечить рекомендуемое значение сопротивления теплопередаче. В дополнение к этому, для обеспечения необходимого воздухообмена и относительной влажности внутреннего воздуха, очень важна

также и поддержка стабильной температуры внутри помещений, не зависящей от колебаний наружной температуры. Колебания температуры внутренней поверхности стены и помещения не должны превышать 2 °С, независимо от того, в каких пределах меняется в течение суток наружная температура воздуха. Опубликованные же в литературе результаты исследований показывают, что для различных материалов наружных ограждений это колебание весьма различно и может значительно превышать 2 °С. Это колебание температуры обусловлено различной способностью разных материалов сохранять (аккумулировать) тепло и затем его выделять. В строительной физике для описания этого свойства материалов используется понятие удельной теплоемкости (Дж/кг·К). Самым лучшим этот показатель является у натурального дерева, за ним следуют ячеистый бетон, керамзитовый бетон, керамический и силикатный кирпич и железобетон.

Очень существенным является также и то, как быстро наружная стена отдает аккумулированное тепло, т. е. как скоро она остывает. Если остывание происходит быстро, то расходы на отопление помещений увеличиваются, поскольку для поддержания необходимой внутренней температуры необходимо чаще включать отопительную систему.

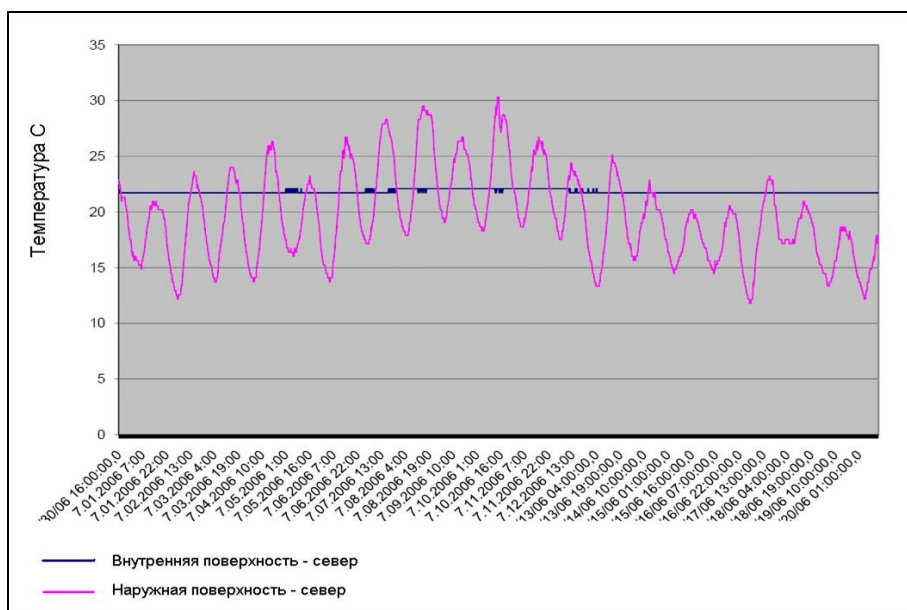


Рис. 5. Изменение внутренней и наружной температуры стены в зимний период

В сотрудничестве с Таллинской высшей технической школой были осуществлены измерения наружной и внутренней температур однослойной наружной стены из ячеистого бетона *AEROC EcoTerm* толщиной 375 мм без дополнительного утепления. Замеры производились как в летний, так и в зимний период. Результаты представлены на рис. 5 и 6.

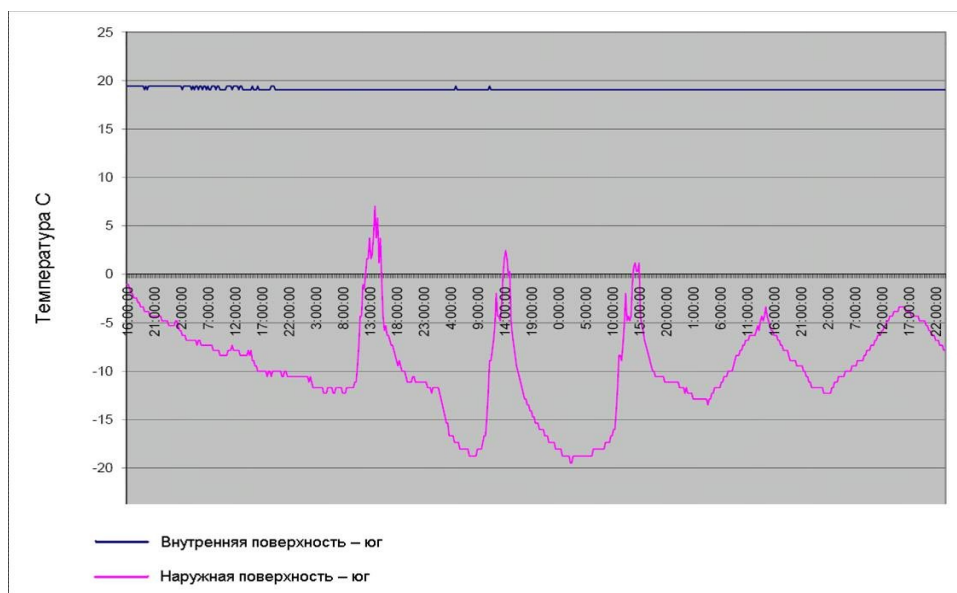


Рис. 6. Изменение внутренней и наружной температуры стены в зимний период

Приведенные данные показывают, что характерные для Эстонии резкие колебания температуры и летом, и зимой не вызывают изменений температуры внутренней поверхности стены. Благодаря этому в жаркие летние дни в помещениях обеспечивается приятная прохлада, а в зимний период – уютное тепло. Таким образом, ячеистый автоклавный бетон обладает всеми необходимыми энергосберегающими свойствами, предъявляемыми к ограждающим конструкциям. Этим обеспечиваются не только экономия энергозатрат, но и комфортный микроклимат помещений.

НОВАЯ ПРОДУКЦИЯ ООО «ПСО «ТЕПЛИТ»

*А. А. Вишневецкий, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина»,
исполнительный директор ООО «ПСО «Теплит»*

Основной продукцией производственно-строительного объединения «Теплит» являются изделия из автоклавного газозолобетона. Предприятием освоен выпуск мелких стеновых блоков (твинблоков) размером 100–400 мм, плотностью 400–600 кг/м³ (рис. 1). Отличительной особенностью твинблоков является точная геометрия, а также высокие физико-механические свойства.

Тенденцией последних лет стал постепенный отказ строителей от использования мелких блоков с пазогребневой системой. Главной причиной этого является сложность

нанесения клея на вертикальные поверхности блока, содержащие паз и гребень. В результате неполного заполнения вертикального шва в кладке возникают пустоты, через которые может происходить продувание. Пустоты приводят к повышению подвижности блоков в кладке, что вызывает напряжения, и по этой причине могут образовываться трещины. Кроме того, некоторые исследования показывают, что в промежутках, остающихся при сопряжении паза и гребня, могут возникать условия для повышенного образования конденсата, что при определенных условиях приведет к разрушению [1]. К тому же, при изготовлении газобетона, при нарезании паза и гребня ослабляется поверхностная прочность изделий, в результате чего снижается их трещиностойкость.

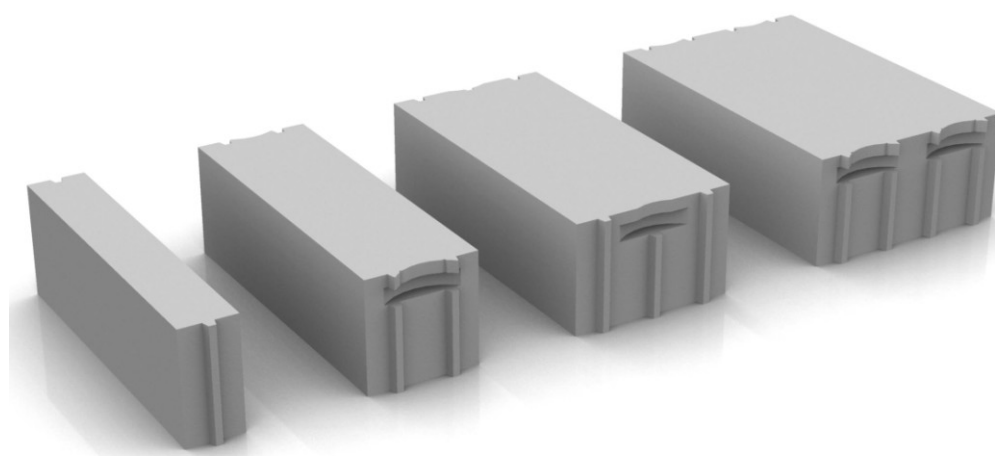


Рис. 1. Твинблоки

Таблица 1

Номенклатура выпускаемой продукции

| Маркировка | Геометрические размеры, мм | | | Возможность изготовления | |
|------------|----------------------------|--------|--------|--------------------------|--------------------|
| | длина | ширина | высота | паза и гребня | захватных карманов |
| ТБ 100 | 625 | 100 | 250 | + | – |
| ТБ 150 | 625 | 150 | 250 | + | – |
| ТБ 200 | 625 | 200 | 250 | + | + |
| ТБ 240 | 625 | 240 | 250 | + | – |
| ТБ 300 | 625 | 300 | 250 | + | + |
| ТБ 400 | 625 | 400 | 250 | + | + |

Блоки с пазом и гребнем впервые появились в Германии. Один из производителей в рамках конкурентной борьбы представил данные изделия на рынке в противовес гладким блокам. Упор делался на более точное сопряжение блоков при наличии паза и гребня и образование «воздушного замка».

На практике, по крайней мере в наших условиях, таких преимуществ обнаружено не было. На точность кладки основное влияние оказывает не наличие паза и гребня, а точность геометрических размеров изделий и качество выполнения кладочных работ. Что касается образования воздушной преграды, то опытом эксплуатации это не подтверждается. Таким образом, особых преимуществ от паза и гребня не имеется, тогда как недостатки, о которых говорилось выше, налицо.

В этой связи, начиная с 2009 г. заводы объединения «Теплит» включили в линейку производимой продукции гладкие блоки. По каждой позиции, приведенной в табл. 1, возможен выпуск изделий без паза и гребня, а также захватных карманов для рук. При этом точность геометрических размеров (колебание ± 1 мм) сохраняется.

Относительно новым продуктом, с которым «Теплит» вышел на рынок, стали укрупненные (неармированные) твинблоки (рис. 2). Идея производства таких изделий пришла из-за рубежа. В Германии большой популярностью пользуются плоские элементы *JUMBO*, произведенные на оборудовании фирмы *HEBEL*. Основное отличие укрупненных твинблоков от традиционных блоков – размер (табл. 2). Так, длина изделий достигает 1200 мм, а высота – 625 мм.

Таблица 2

Укрупненные (неармированные) твинблоки

| Маркировка | Геометрические размеры, мм | | | Масса* изделий, кг |
|------------|----------------------------|--------|--------|-----------------------|
| | длина | ширина | высота | |
| УТБ 300 М | 500 | 300 | 625 | 46,9 |
| УТБ 300 С | 750 | 300 | 625 | 70,3 |
| УТБ 300 Б | 1000 | 300 | 625 | 93,7 |
| УТБ 400 М | 500 | 400 | 625 | 62,5 |
| УТБ 400 С | 750 | 400 | 625 | 93,7 |
| УТБ 400 Б | 1000 | 400 | 625 | 125 |

* Масса изделий определена при плотности 500 кг/м^3 и влажности 0%

Применение укрупненных блоков дает существенное увеличение производительности кладочных работ (в 2–3 раза по сравнению с использованием обычных твинблоков). Кроме

того, сокращается количество швов, а значит, расход клеевого раствора. Повышается однородность возводимой конструкции.

Технология строительства из укрупненных блоков позволяет изготавливать дома в заводских условиях: заранее выпиливать четверти для оконных и дверных проемов и даже организовывать каналы под электропроводку, тем самым сводя к минимуму работы на строительной площадке. Монтаж крупногабаритных элементов ведется бригадой из трех каменщиков с помощью грузоподъемного механизма (мини-крана) грузоподъемностью до 300 кг (на максимальном вылете стрелы) с ручным управлением (рис. 2).



Рис. 2. Монтаж укрупненных твинблоков с использованием мини-крана

Применение укрупненных блоков особенно эффективно при строительстве нескольких объектов на одной площадке. В настоящее время, объединением «Теплит» заказаны несколько типовых проектов (по типу таун-хауз) с использованием укрупненных блоков. В 2010 г. планируется использовать укрупненные твинблоки при строительстве нескольких коттеджных поселков, их производство налажено уже сегодня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пинскер В. А. Теплофизические испытания фрагмента кладки стены из газобетонных блоков «Аэрок СПб» марки по плотности D400 / В. А. Пинскер, В. П. Вылегжанин, Г. И. Гринфельд. Сб. докладов VI междунар. научно-практ. конф. «Ячеистые бетоны в современном строительстве». СПб., 2008. С. 16–19.

НЕДОСТАТКИ ТРЕХСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ. ОПЫТ ОБСЛЕДОВАНИЯ

А. Л. Алтухов, главный конструктор ГП МО «Институт «Мосгражданпроект»

1. История и корни

Принятие постановления Минстроя РФ от 10.08.95 г. № 18-81 об увеличении сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий потребовало принятия новых конструктивных решений. Для Москвы сопротивление теплопередаче наружных стен возросло до $3,16 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, то есть почти в три раза. Теплотехнические расчеты показали, что новым требованиям, при приемлемой толщине стены, удовлетворяют только многослойные системы с эффективным утеплителем.

Для реализации новых требований ЦНИИЭП жилища совместно с ЦНИИПИ «Монолит» и МНИИТЭП в 1996 г. были разработаны «Технические решения наружных стен для монолитного домостроения с новым сопротивлением теплопередаче». Начиная с 2005 г. проектирование стеновых конструкций стало осуществляться по альбому «Здания с монолитными железобетонными несущими конструкциями. Наружные стены из легкогобетонных блоков с облицовкой кирпичом. Технические решения», разработанному ЦНИИЭП жилища.

Под влиянием экономических соображений Заказчиков и в угоду другим интересам основным типом ограждающей стены стала кладка из ячеистобетонных блоков, облицованная кирпичом (в полкирпича, то есть толщиной 120 мм) с эффективным утеплителем между слоями. Такое решение предпочиталось Застройщиками в силу следующих обстоятельств:

- повышенная площадь помещения (из-за минимальной толщины стены);
- дешевизна пенополистирольного утеплителя (наиболее часто использовался наряду с минеральной ватой);
- наличие трудноконтролируемых скрытых работ, что существенно снижало затраты при монтаже за счет неквалифицированной рабочей силы и сокращения сроков СМР;
- «психологическая» иллюзия кирпичной стены, что привлекало покупателей;
- отсутствие длительной ответственности за строительство (гарантийный срок 1 год) подталкивало к снижению качества в погоне за прибылью.

Провоцирующим фактором явилось отсутствие нормативной базы, которая практически не изменилась, несмотря на изменившиеся требования. Основным документом, регламентирующим возведение кладки, в том числе и лицевой тонкостенной, является СНиП

П-22–81* «Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования». И хотя в 2003 году в него были внесены некоторые изменения, он практически ничем не отличается от версии 1981 года.

При разработке решений стенового ограждения в первую очередь был перенят зарубежный опыт, который каждым интерпретировался в меру собственного понимания. Климатические условия стран-доноров сильно отличались, а опыт разработки конструктивных решений отсутствовал.

2. Последствия применения

В последние годы на объектах, возведенных с использованием технологии слоистых кладок, участились случаи обрушения различных по площади фрагментов кирпичной облицовки (рис. 1). Согласно статистическим данным, за минувшие пять лет по Москве и Подмосковию было зафиксировано более 420 отказов фасадных систем подобного рода. Причинами возникновения аварийных ситуаций являлись признанные ошибки, допущенные на стадии проектирования, а также грубые нарушения технологии монтажа.



Рис. 1. Разрушение облицовки наружной кладки стены

Чтобы предотвратить возможные негативные последствия, обусловленные использованием подобных конструктивных решений при проектировании наружных стен, Минмос-облстрой издал распоряжение от 23.05.2008 № 18 «О применении трехслойных стеновых ограждающих конструкций с внутренним слоем из плитного эффективного утеплителя и лицевым слоем из кирпичной кладки при строительстве гражданских зданий на территории Московской области», запрещающее муниципальным образованиям области, застройщикам, проектным и подрядным организациям применять упомянутые технологии при проектировании зданий и сооружений.

В настоящее время по Москве принято аналогичное решение.

3. Дефекты и их причины

Опыт проектирования, строительства и эксплуатации многослойных стеновых конструкций с керамическим пустотелым кирпичом выявил ряд недостатков данной технологии. Причем сегодня проблемными являются не только трехслойные, но и более простые двухслойные решения.

Трехслойные стены, кроме энергоэффективных достоинств, обладают и рядом недостатков. К ним относятся:

- высокая трудоемкость возведения, что неизбежно сказывается на качестве монтажа, а стало быть на долговечности и безопасности конструкций;
- пониженный коэффициент теплотехнической однородности, обусловленный наличием теплопроводных включений в виде строительных элементов из бетона и других материалов (это, прежде всего, железобетонные плиты перекрытий и оконные / дверные перемычки). Теоретические исследования показывают, что теплопроводные включения в зонах, где диски перекрытий выходят на контакт с наружным воздухом, обеспечивают теплотери от стены не менее 20%. В некоторых системах теплотери через диски перекрытий могут достигать 53%;
- сниженная долговечность, по сравнению с более однородными стенами.

Если не рассматривать дефекты и сложность СМР, а говорить только о теории, то на общую долговечность трехслойной стены влияет долговечность материалов, слагающих данную стену в условиях их эксплуатации. Структура такой стены неоднородна, образующие ее материалы имеют различные теплотехнические и пароизоляционные свойства. Если при проектировании и возведении трехслойных ограждающих конструкций это обстоятельство не учитывается, то в их толще может накапливаться конденсационная влага, в связи с чем снижаются теплотехнические характеристики стены, долговечность и

прочность. В многослойных конструкциях с эффективным утеплителем температура лицевого слоя значительно ниже, что существенно влияет на количество циклов оттаивания-замораживания и соответственно на долговечность. Количество циклов оттаивания-замораживания зависит не только от климата, но и от конструкции стены. Чем неоднороднее стена и эффективнее внутренний утеплитель, тем ниже температура лицевого слоя и больше циклов перехода через ноль. Это обстоятельство существенно влияет на требования к кирпичу. Морозостойкость лицевого слоя должна быть F75-100, в зависимости от конструкции стены.

В многослойных стеновых конструкциях, подверженных периодическому увлажнению, существует еще один опасный момент – это контакт металлических связей и арматуры с насыщенным влагой утеплителем. Коррозия металла возникает при контакте с минеральной ватой на основе базальтовых волокон, поскольку скапливающийся в ней конденсат обладает кислотными и щелочными свойствами. К общим недостаткам проектных решений слоистых кирпичных кладок с наружным слоем из лицевого кирпича также относятся:

- отсутствие вертикальных температурно-деформационных швов в наружном облицовочном слое кладки;
- недостаточное армирование облицовочного слоя кладки с учетом температурно-влажностных воздействий;
- отсутствие конструктивных мероприятий по защите стен от атмосферного увлажнения;
- неполное опирание наружного облицовочного слоя на несущие конструкции перекрытия;
- недостаточное количество крепежных соединений на углах здания и участках с проемами;
- отсутствие или недостаточность горизонтального деформационного шва под перекрытием;
- многослойные кладки практически неремонтопригодны. Невозможно произвести локальный ремонт или замену утеплителя, гибких связей, опорных элементов, поскольку для выполнения даже небольшого объема ремонтных работ потребуется полный демонтаж системы;
- отсутствие нормативных требований к стеновым материалам приводит к тому, что производитель, проводя испытания, получает положительные заключения по каким-то отдельным элементам (но не по фасадной системе целиком) и начинает рекламировать свои

решения или изделия. Скорее всего, следует говорить о требованиях к материалам для конкретной конструкции.

Сегодня мы имеем очень скудные требования к материалам:

- класс по прочности конструкционного внутреннего блока должен быть не ниже В1,5, а с учетом реальных навесных нагрузок можно рекомендовать не ниже В2;
- в СНиП написано, что связи должны быть из коррозионностойких материалов. Следует применять нержавейку класса А2 и А4, так как минераловатный утеплитель может создавать как щелочную, так и кислотную среду при выпадении конденсата. В этом случае, на наш взгляд, следует применять сталь А4.

Мы видели достаточно большое количество зданий с повреждениями и пытались установить их причины. Вот основные:

1. На первом месте – отсутствие вертикальных температурных швов и горизонтальных деформационных швов.

2. Очень сложно решаются вопросы опирания наружного слоя лицевой кладки на перекрытие. Когда монолитные перекрытия выполняются с отклонениями края от проектной границы, кирпичная кладка часто оказывается зависшей в воздухе. Это одна из частых причин повреждения стен.

3. Применение материала, использование которого в этих конструкциях, на наш взгляд, должно быть категорически запрещено – это пенополистирол с небольшой объемной массой. Во-первых, он дает достаточно большую усадку в процессе эксплуатации. Во-вторых, это материал весьма непрочный. Он крошится, и при его укладке остаются большие щели и зазоры между листами, что провоцирует выпадение конденсата на внутренних поверхностях стены. Обеспечить его плотное прилегание к перекрытиям, в угловых зонах или в местах примыкания других конструктивных элементов, практически невозможно. Кроме того, его очень сложно закрепить, не сломав.

4. Качество конструктивного решения и качество выполнения горизонтального шва под перекрытием. В этой зоне очень часто присутствуют два очень больших дефекта, представляющих опасность.

Первый дефект – недостаточная величина зазора для учета реального прогиба перекрытий. Сегодня сплошь и рядом применяются безбалочные перекрытия. СНиП 2.03.01–84* «Бетонные и железобетонные конструкции» допускает для таких перекрытий прогиб величиной около 1/200 от пролета. При пролетах 6 м допускаемый прогиб будет составлять порядка 3 см. Каким образом рассчитываются такие перекрытия, мы сегодня тоже знаем. Они рассчитываются в основном по тому или иному автоматизированному расчетному комплексу, который считает по упругой стадии и не учитывает снижения жесткости и

соответствующего увеличения прогибов, возникающих в перекрытиях с учетом трещин, ползучести бетона и многих других факторов. Неточность расчета прогиба перекрытий в упругой стадии может составлять более чем в 2 раза. Поэтому реальные прогибы в таких перекрытиях больше расчетных. Как следствие – передача нагрузки от перекрытий на кладку. При этом нагрузка может «собраться» от нескольких этажей на одном из перекрытий и вызвать повреждение несущих конструкций. На точность расчетов перекрытий внимание практически не обращается. Если допускать нормируемые прогибы, то получается, что проектный зазор между перекрытием и верхом стены должен быть (3 см + 3 см) около 6 см. Как его заделать? Наверное, следует более жестко ограничить прогибы перекрытий под стенами либо вообще при определенных пролетах обязывать делать окаймляющие балки, которые бы ограничивали деформативность этих участков. Должны быть предусмотрены какие-то устройства, металлические или пластиковые, которые могли бы закрывать торцы перекрытий и обеспечивать отвод дождевых вод из этой зоны.

Понятно, что строители вряд ли придут в восторг от такого решения. Балки делать достаточно сложно – надо и с опалубкой возиться, и арматурные каркасы ставить, то есть возникает масса проблем. Часто проектировщикам приходится закладывать в проекты безбалочные перекрытия не по собственной воле, а по настоянию строителей-заказчиков.

Второй распространенный дефект обусловлен попаданием в горизонтальный шов воды от атмосферных осадков. На фасадах зданий, особенно при большой этажности, образуются большие дождевые потоки. Ливни у нас бывают сильные, и при отсутствии водоразбрызгивающих устройств, каких-либо бортиков вода затекает в щель между низом перекрытия и кладкой, распространяясь по кирпичу, утеплителю, газоблоку, снижая теплоэффективность конструкции, приводя к размораживанию и т. п. Мастики, которыми замазываются швы, как правило, бывают неэффективны и недолговечны. Процесс возведения стен авторским надзором или проектировщиком практически не контролируется. Кладка иногда выполняется с наружной стороны, на большой высоте и без нормальных лесов. Произвести ее осмотр физически невозможно, то есть все отдается на откуп строителям.

Имеет смысл формировать монолитное перекрытие таким образом, чтобы торец получался не вертикальным, а под наклоном, или делать какой-то капельник, который отводил бы воду от расположенного под перекрытием шва.

5. Проблема мостиков холода в зоне их сопряжения со стеной не менее сложная. Термовкладыши, которые применяются в этих зданиях с целью снижения теплопотерь, тоже несут в себе опасность. При некачественной установке это мина замедленного действия. Связанные с нею повреждения и разрушения мы еще увидим.

Дело в том, что в качестве термовкладышей зачастую используется тот же самый

пенополистирол. Он крошится, ломается, надежно не фиксируется и вплотную прилегает к рабочей арматуре, как поперечной, так и горизонтальной, которая, собственно говоря, и держит край перекрытия с опирающейся на него кирпичной кладкой. Рабочая продольная и поперечная арматура не имеет защитных слоев. На термовкладыши попадает конденсат, скапливающийся в утеплителе, может попасть и дождевая вода, что вызывает активную коррозию рабочей арматуры железобетонной плиты в этой зоне. Железобетонное сечение консолей с рабочей арматурой без защитного слоя также не может отвечать прочности. Пока явных обрушений не отмечалось, поскольку скорость коррозии не столь велика, но это может произойти в дальнейшем. Сегодня бетон в этой зоне работает на поперечную силу без видимых повреждений, но при появлении трещин, которые могут быть спровоцированы, в том числе и многократными циклами замораживания-оттаивания, разрушительные процессы будут проходить по цепной реакции, лавинообразно.

На практике получается так, что термовкладыши выполняются из пенопласта или из минваты. Совершенно бесформенные, они вплотную примыкают к арматурным каркасам. В результате получается сечение не железобетонное, а бетонное. Кроме того, в этой зоне конденсатная влага не только способствует возникновению коррозии арматуры, но и просачивается в кладку и теплоизоляционный слой нижерасположенного этажа. Встречаются рекомендации, что термовкладыши следует выполнять из минваты, обернутой в полиэтилен. Такое решение вообще непонятно.

6. При эксплуатации трехслойных стен конденсация влаги внутри конструкции может приводить к различным разрушениям. Физика процесса проста. Водяной пар, в результате диффузии попадающий в толщу конструкции, может привести к увлажнению утеплителя и потере им теплоизолирующей способности. При этом утеплитель не высыхает даже в теплое время года, так как наружный слой не является паропроницаемым. Следствием увлажнения может быть:

- образование льда, особенно внизу (на уровне перекрытия), и выдавливание лицевой кладки;
- размораживание кирпича и внутренних блоков;
- оседание влажного утеплителя;
- резкое снижение теплоэффективности.

7. Имеет смысл устраивать гидроизоляцию в пределах всей площади опирания стены, то есть заводить ее под кладку полностью.

Такая гидроизоляция может выполнять функции прокладки – упругой скользящей опоры. Известно, что при нагреве кладки происходит ее расширение, возникают напряжения, которые выламывают углы. Поэтому кладку в пределах этажа и, прежде всего, в угловых

зонах здания надо разрезать вертикальными деформационными швами (через 8 – 10 м). Монолит перекрытий тоже подвержен тепловым расширениям. За счет разницы тепловых расширений железобетона и кирпича в зоне контакта перекрытия и кирпичной кладки возникают серьезные напряжения. И гидроизоляция, которая должна находиться между перекрытием и кладкой, за счет своей упругости немного демпфировала бы эти напряжения, то есть позволяла бы кладке как-то расширяться.

8. Не менее опасным представляется вариант с закрыванием торца перекрытия фасадными Г-образными элементами. В данном случае проблема не столько в прочности элементов, сколько в том, что происходит опирание кладки уже не на плиту перекрытия, а на эти элементы. В варианте, когда торец ничем не закрыт, существует возможность контроля опирания кирпичной облицовки на край перекрытия. Если же мы ставим уголкового накрывной элемент, мы загораживаем торец перекрытия, и может получиться так, что сам элемент будет выставлен идеально правильно, но кладка при этом повиснет в воздухе. И даже каменщики не смогут это проконтролировать. К тому же всегда будет существовать вероятность того, что в один прекрасный день уголкового элемент срежется по какой-то причине.

9. Наиболее часто встречаются следующие образцы строительного брака:

- некачественная укладка утеплителя или его отсутствие;
- дефекты связей в виде их отсутствия, повышенной податливости, применения некоррозионно-стойких материалов и т. п. Через три года от таких связей остается черный след, коррозия «съедает» все, несмотря на цинковый слой и дополнительное лакокрасочное покрытие;
- недостаточная анкеровка связей;
- применение блоков с низкой прочностью;
- низкий уровень квалификации каменщиков и сложность контроля процессов;
- заполнение горизонтального шва под перекрытием раствором, недостаточная величина шва;
- ненадежная облицовка торцов перекрытий (наклеивание плитки, пиленый кирпич и т. п.);
- отсутствие поэтажной разрезки в кирпичной кладке.

4. Что делать?

1. Необходимо подготовить «Альбомы проектных решений», которые должны содержать детальные проработки конструктивных решений. Должна быть основана некая

серия, состоящая из нескольких выпусков, количество которых может увеличиваться по мере разработки новых решений с применением тех или иных материалов, тех или иных конструкций. Обязательно необходимо прописать требования к строительным материалам.

2. В проектировании стен должны принимать участие инженеры-конструкторы, которые в свою очередь должны следовать четким требованиям норм.

3. Необходимо привлечение ведущих НИИ. Объем исследований должен заказывать не производитель изделия, а научное подразделение, которое будет давать разрешение на применение этого изделия в тех или иных конструкциях. Проектные требования должны основываться не только на расчетно-теоретических данных, но и на экспериментальных исследованиях.

4. Восстановление научного подхода к проектированию осуществить силами производителей и вновь создаваемых СРО невозможно. Должна быть государственная поддержка как в части финансирования, так и в части нормативно-правового регулирования.

В заключение необходимо отметить, что большинства из перечисленных выше недостатков лишены однослойные ограждающие конструкции, которые могут выполняться из ячеистого бетона. При этом необходимо проводить детальный теплотехнический анализ. Использование потребительского подхода создает предпосылки для создания однослойного ограждения из ячеистобетонных блоков оптимальной толщины.

ЭКОНОМИЧНЫЕ ДОМА ИЗ ГАЗОБЕТОНА

В. П. Вылегжанин, канд. техн. наук, директор ООО «Центр ячеистых бетонов», г. Санкт-Петербург

Чтобы ослабить напряженность на жилищном фронте, правительство предлагает раздавать земли под жилищную застройку бесплатно или по незначительной цене, учитывая, что Россия – самая богатая землей страна. Если, например, в Англии и Японии жилой застройкой занято 20% территории, то у нас менее 1,5%. При растущем уровне автомобилизации страны, приближающемся к развитым странам, и переполнении крупных городов «небоскребами» и «пробками», проблема рассредоточения жилья становится весьма актуальной.

Из чего же строить малоэтажные дома, чтобы было дешево (официально – «доступное и комфортное жилье»)?

Предлагают строить из дерева. По стандартам его надо сушить, а у нас, как правило, продают сырые лесоматериалы, которые потом коробятся и трескаются. Сухая же древесина намного дороже сырой. Кроме того, однослойные деревянные стены не проходят по новым

нормам теплозащиты. Их надо утеплять минватой, полистиролом, пенополиуретаном и т. п. Связка минваты, не говоря уже о пенопластах, выделяет токсичные вещества. О сгораемости деревянных домов можно слышать ежедневно по телевидению.

Если строить из кирпича, то, во-первых, он дорог (от 5 до 100 руб. за штуку); во-вторых, для его кладки нужна высокая квалификация; в-третьих, крыша все равно будет деревянная, сгораемая; в-четвертых, стены надо утеплять теми же теплоизоляционными материалами, которые недешевы, токсичны, недолговечны и требуют хорошей штукатурки.

Всякие щитовые, древесно-стружечные и железобетонные дома (из трехслойных панелей) – дорогие, душные («не дышат», как древесина), недолговечные. Если американцы привыкли к «картонным» домам, так как они на одном месте долго не задерживаются, то у россиян другая ментальность – дома должны быть вечными, каменными, рассчитанными на много поколений.

В настоящее время все большую популярность приобретает автоклавный газобетон, так как он является огнестойким, долговечным, дешевым и «дышащим» материалом, обеспечивает доступность и комфортность проживания. В Санкт-Петербурге более 50% жилых домов строится с применением газобетона в наружных стенах (обычно с кирпичной облицовкой) и перегородках – как в высотном, так и в малоэтажном строительстве.

Кроме того, из ячеистобетонных блоков, в отличие от кирпича, можно делать теплые надподвальные, чердачные и междуэтажные перекрытия, а также плоские крыши, где можно размещать озеленение (при соответствующей гидроизоляции). Пример устройства сборно-монолитного перекрытия бескрановой сборки показан на рис. 1. Технология возведения перекрытия следующая. Устанавливается деревянная опалубка (доски), на опалубку раскладываются вплотную ячеистые блоки (можно использовать клей). Затем устанавливается арматурный каркас и заливается мелкозернистым бетоном. По такому перекрытию можно (при нормативной точности блоков) укладывать линолеум на теплозвукоизоляционной основе или кровельный изопласт. Армированные швы-балки обеспечивают требуемую прочность и жесткость конструкции, что проверено экспериментами и опытом эксплуатации выстроенных зданий.

В ЛенЗНИЭП было проведено испытание данного перекрытия (рис. 2). Для его изготовления использовались блоки плотностью D600. Монолитные балки имели размер: длина – 150 мм, высота – 200 мм. В ходе испытаний были получены следующие результаты:

- перекрытие при контрольной нагрузке 1050 кг/м^2 , без учета собственного веса, не потеряло несущей способности;
- не произошло местного смятия от сосредоточенных усилий, передаваемых монолитной железобетонной балкой на стену, сборной из мелких ячеистобетонных блоков;

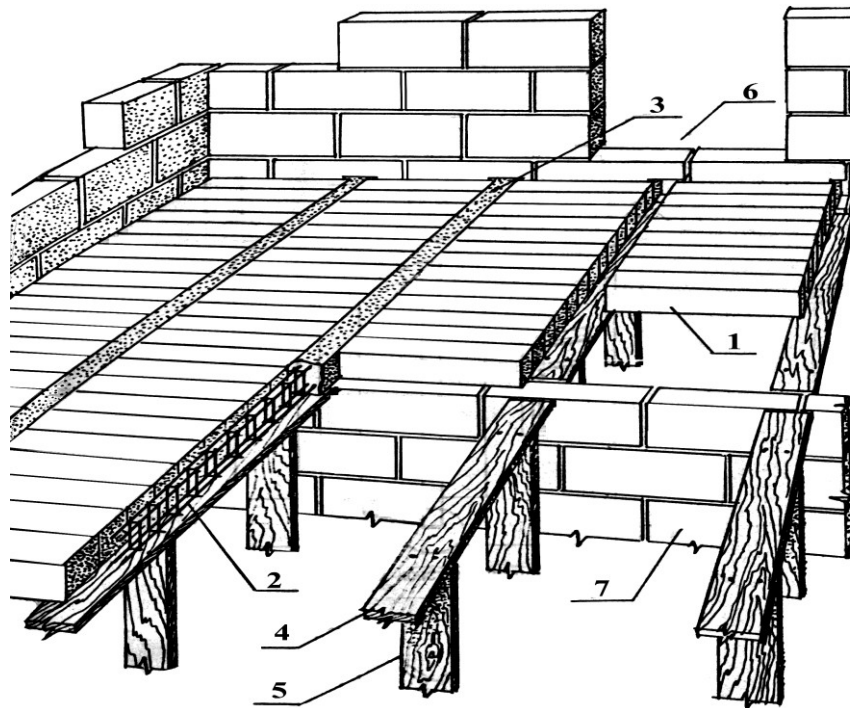


Рис. 1. Сборно-монолитное перекрытие из мелких газобетонных блоков:
1 – мелкие газобетонные блоки; 2 – арматурный каркас с рабочей арматурой;
3 – монолитный шов из раствора класса В 10-15; 4 – доска опалубки; 5 – стойка
под опалубку; 6 – дверной проем на балкон; 7 – внутренняя стена



Рис. 2. Испытание сборно-монолитного перекрытия

- прогибы всех трех балок, в процессе испытания, были одинаковыми;

- прогиб составил 1/50 пролета и был достигнут только при нагрузке 1150 кг/м²;
- допустимые трещины появились только при нагрузке 500 кг/м²;
- никаких видимых признаков разрушения ячеистобетонных блоков, заполняющих пролеты между монолитной железобетонной балкой, к которой прикладывалась нагрузка, не обнаружено;
 - прогибомерами не зафиксировано поворота крайних балок кручением, даже в водонасыщенном состоянии;
 - при испытании ячеистобетонных блоков на продавливание нагрузкой, в 1,6 раза превышающей контрольные пределы, разрушения не последовало;
 - разрушающая нагрузка составила 5000 кг/м²;
 - нарушения сцепления между блоками и монолитной балкой после разрушения не обнаружено;
 - трудоемкость возведения перекрытия не превышает 1 чел. ч/м² конструкции;
 - выдавить один блок не удалось даже при нагрузке на него 5 тонн.

Применение таких перекрытий наиболее эффективно в малоэтажном строительстве. Не требуется кранового оборудования, простое изготовление. Наибольшее применение такие перекрытия нашли в Израиле.

На сегодняшний день многие проектировщики при расчете толщины стены используют нормативно-приведенное сопротивление. Однако при расчете с использованием удельных теплопотерь появляется возможность для дополнительной экономии.

Для обоснования этого утверждения нами был проведен анализ 7-этажных домов серии 600.11 на натуральном проекте (рис. 3). Проведенный анализ показал, что в таком здании потери тепла через стены составляют 25%, через окна – 22%, через подвалы – 3%, а остальное теряется через вентиляцию. Как видно, на стены приходится лишь четверть теплопотерь. Окна, которые имеют 27% от ограждающей поверхности конструкции, по теплопотерям показывают такие же значения.

Далее был проведен анализ факторов, влияющих на теплопотери. Как известно, одним из таких факторов является равновесная влажность. Напомним, что в старом СНиПе равновесная влажность газобетона составляет 8% для региона А и 12% для региона Б.

В 1996 г. были проведены обследования наружных стен из газобетона марки D700 толщиной 32 см в нескольких домах, построенных ДСК-3. Начальная влажность газобетонной стены составляла 27%. Через 7 месяцев она составила уже 10%, а через год стала равновесной. Равновесная влажность менялась в процессе эксплуатации в зависимости от сезона (лето, зима) от 4 до 7%. Таким образом, испытания показали, что вполне допустимо

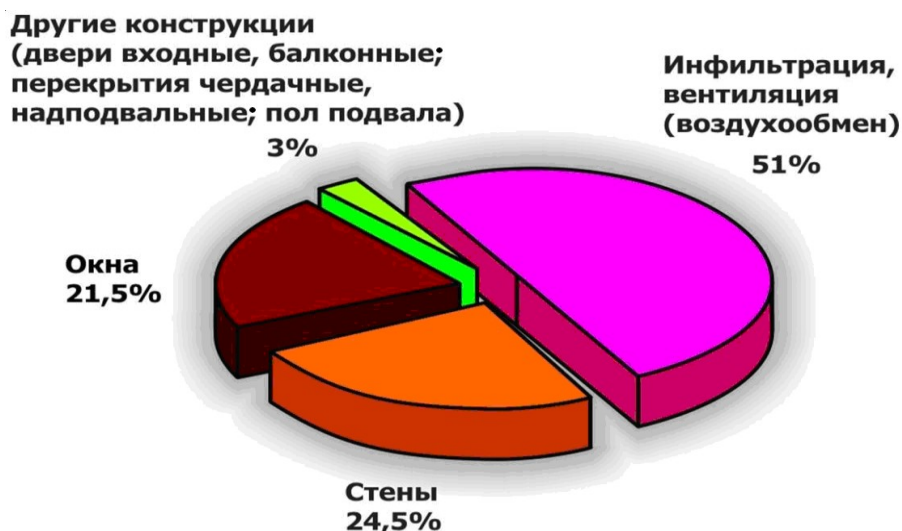


Рис. 3. Распределение теплотерь в многоэтажных домах серии 600.11

применять равновесную влажность в регионе Б (Санкт-Петербург) – 5%, для региона А – 4%.

При этом следует отметить, что снижение влажности газобетона с 8 % до 4 % оказывает незначительное влияние на теплопроводность изделий (рис. 4).

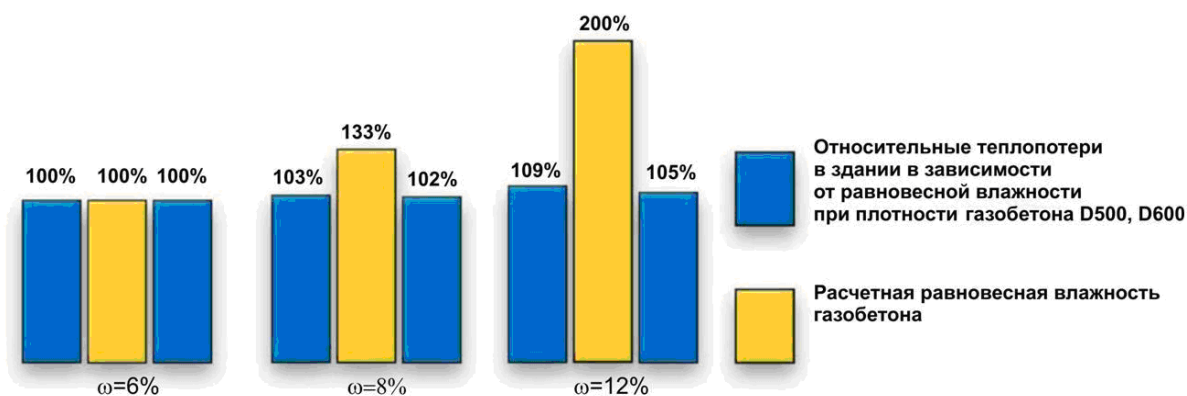


Рис. 4. Относительные теплотери в домах серии 600.11 в зависимости от равновесной влажности газобетона

На теплотери влияет также плотность газобетона (рис. 5). При снижении плотности с 600 до 500 кг/м³ теплотери снижаются на 3%.

Другим фактором является толщина стены. Сейчас газобетон применяется с толщиной стены 32 см. Если мы увеличим толщину стены до 40 см (то есть на 25%), то теплотери здания снизятся всего на 8%. При этом за счет увеличения расхода материалов затраты на возведение 7-этажного здания увеличатся на 10 млн руб. Эти затраты с учетом теплотерь окупятся не ранее чем через 20 лет. Какова же может быть стоимость доступного и комфортного жилья из ячеистого бетона?

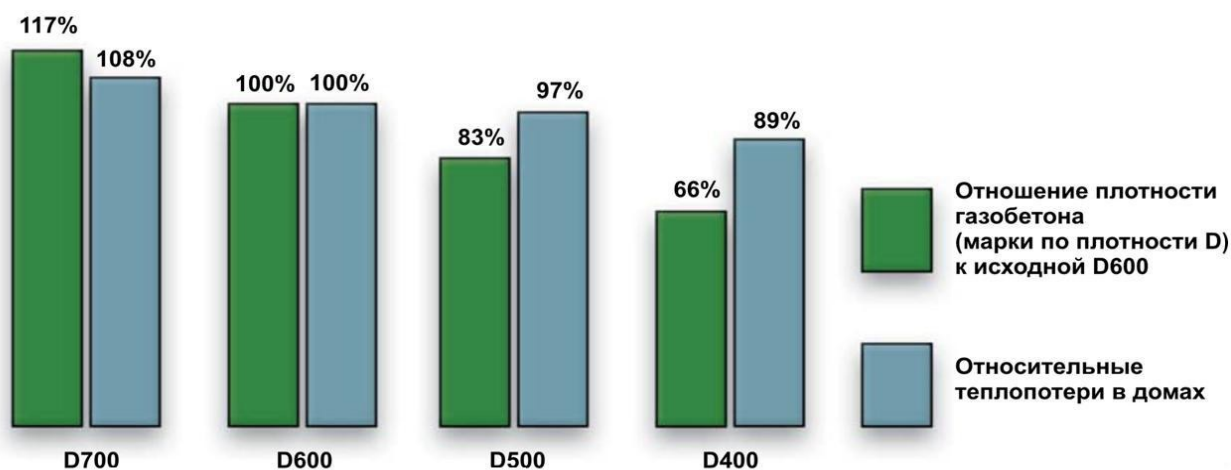


Рис. 5. Относительные теплопотери в домах серии 600.11
в зависимости от плотности газобетона

Рассмотрим малоэтажные дома экономкласса из мелких газобетонных блоков с расшитыми швами (без отделки) серии 216 (рис. 6). По проектам серии 216, получившей широкое применение в сельских районах, расход ячеистого бетона на 1 м^2 общей площади находится в пределах от 1 до $1,5 \text{ м}^2$. Возьмем большее значение. Примем цену ячеистобетонных блоков с доставкой в 3000 руб./м^2 . Получим стоимость основного материала (коробки) в 4500 руб./м^2 . По многолетнему опыту строительства стоимость всех остальных материалов (столярка, полы, кровля, инженерная фурнитура) не превышает стоимости основного материала, то есть в сумме получается 9000 руб./м^2 . Затраты труда, включая устройство фундаментов, кладку, столярные, отделочные и прочие работы, в сумме для кирпичных зданий составляют 16 чел.ч/м^2 по нормам Госгражданстроя (приказ № 12 от 10.01.1983 г.). Поскольку газобетонные дома менее трудоемки, примем эту цифру и умножим на стоимость человеко-часа строительного рабочего (150 руб.). В итоге получается еще 1600 руб. . Таким образом, реальная себестоимость жилья в цельногазобетонном экономичном доме составляет $11000\text{--}14000 \text{ руб./м}^2$.

Учитывая, что ячеистый бетон является несгораемым, морозостойким и капитальным материалом, обеспечивающим микроклимат лучший, чем в деревянных домах, следует считать, что именно он поможет решить жилищную проблему в ближайшее время. До настоящего времени для проектирования конструкций из ячеистых бетонов необходимо было использовать более 40 нормативных документов, которые имеют пункты, противоречащие друг другу. Не везде выдержана размерность, имеются устаревшие термины. Различны требования по отпускной влажности. Методики расчета основаны на эмпирических зависимостях, выведенных для пластичного материала, и, по определению, не пригодны для



Рис. 6. Малоэтажный газобетонный дом с расшитыми швами без отделки

упругохрупкого автоклавного ячеистого бетона. Поэтому многие проектировщики, изготовители и строители вообще потеряли всякие ориентиры. Соответственно возникла необходимость откорректировать нормы проектирования конструкций из ячеистых бетонов, в основном повторяющие формулы для железобетонных конструкций (из тяжелого бетона), но с учетом многочисленных испытаний ячеистобетонных конструкций, проведенных во многих институтах бывшего СССР и РФ.

По заданию Ассоциации строителей России Центром ячеистых бетонов разработан общероссийский стандарт СТО 501-52-01–2007. / «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации». В СТО приведены общие технические требования к ячеистым бетонам всех видов (автоклавных и неавтоклавных), к материалам для их изготовления, нормативные и расчетные характеристики (в диапазоне марок по плотности D300÷D1600 и классов по прочности на сжатие B1÷B40), а также другие физико-технические данные, важные при проектировании зданий.

В настоящее время ООО «Центр ячеистых бетонов» разрабатывает по заказу Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона «Пособие по проектированию и применению ограждающих конструкций из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения для жилых и общественных зданий в Российской Федерации». В основу его положены материалы вышеупомянутого СТО 501-52-01–2007, ГОСТ 31359, ГОСТ 31360, а также ряд новых положений.

РОССИЙСКИЙ И ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

А. В. Глумов, технический проект-менеджер ООО «Н+Н»

Дома из газобетона возводятся уже более 60 лет. В Риге (Латвия) до настоящего времени эксплуатируются здания 1939 г. постройки, при этом часть из них стоит без какой-либо отделки фасадов. Много домов из газобетона возводится в скандинавских странах, где автоклавный газобетон является одним из наиболее распространенных, надежных и экономически целесообразных материалов. По теплотехническим показателям данный материал превосходит все традиционные конструкционные и конструкционно-теплоизоляционные строительные материалы: кирпич (керамический и силикатный), дерево, керамзитобетон и другие, уступая только эффективным утеплителям (пенополистирол, минеральная вата, пенополиуретан). Однако, в отличие от перечисленных теплоизоляционных материалов, автоклавный газобетон характеризуется существенно большей долговечностью, кроме того, из него можно строить однородные несущие стены зданий (до 5 этажей включительно).

Согласно требованиям СТО 501-52-01–2007 «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации», внутренние и наружные несущие стены зданий высотой до 5-ти этажей рекомендуется изготавливать из блоков классов по прочности на сжатие не ниже В3,5 (только автоклавных) на клею или на растворе не ниже М 100; при высоте зданий до 3-х этажей – не ниже В 2,5 на клею или на растворе не ниже М 75; при высоте до 2-х этажей – не ниже В 2 на клею или на растворе не ниже М 50. Это общие требования. Безусловно, в каждом конкретном случае, в зависимости от этажности, конструктивной схемы здания, ширины простенков и других параметров объекта, необходимо производить расчет несущей способности наиболее нагруженных участков стен и сравнивать их с нагрузками, действующими на этих участках. В случае «внецентренного» сжатия от вертикальных нагрузок и изгибающих моментов можно воспользоваться формулой (6.1) из того же стандарта.

При строительстве высотных зданий и поэтажном опирании самонесущих стен из газобетонных блоков на перекрытия, нагрузки на нижний ряд кладки в пределах одного этажа не превышают 0,1 МПа, то есть на порядок меньше несущей способности кладки из газобетонных блоков автоклавного твердения марок по плотности D400–D600. Единственный вопрос возникает в случае крепления к стенам из газобетона конструкции навесного фасада или непосредственного закрепления на ней утеплителя.

Однако и здесь есть свои правила. Чем больше плотность газобетона, тем надежнее будет крепление. Поэтому при выборе в качестве несущей основы навесной стеновой

конструкции изделий из автоклавного газобетона необходимо отдавать предпочтение более высоким маркам по плотности. Следует учитывать, что для каждой навесной системы, в зависимости от ее веса, этажности здания, количества точек крепления и т. п., эти требования могут различаться. Например, согласно требованиям стандарта Ассоциации «Наружные фасадные системы АНФАС. Анкерные крепления для фасадных систем: общие положения, основные требования, методы испытаний», не допускается установка анкеров в стены из ячеистобетонных блоков при классе бетона менее В 1,5 и плотности бетона менее D500. При этом необходимо отметить, что в России уже имеют место фасадные системы с креплением анкеров в торцы монолитных перекрытий. Также следует иметь в виду, что в настоящее время разработаны специальные типы анкерных креплений для ячеистых бетонов. Компания «Н+Н» совместно с компанией *Hilti* провела испытания газобетона марки по плотности D500 на вырыв анкеров. Результаты испытаний представлены в табл. 1 и позволяют выбрать тип навесной фасадной системы в зависимости от этажности здания, количества точек крепления, веса системы, что должно быть отражено в задании на проектирование.

Таблица 1

Испытание анкерных креплений для ячеистого бетона

| № п/п | Тип анкера | Предельная нагрузка разрушения, кН |
|----------|---------------------|---------------------------------------|
| 1 | HRD – UGS 10×120/50 | 3,16 |
| 2 | HRD – UGS 14×140/70 | 4,20 |
| 3 | HIT HY-70 | 7,00 |

Значительно больше вопросов возникает в случае строительства малоэтажных зданий. Если при поэтажном опирании стен на перекрытия зданий следует отдавать предпочтение газобетону с более низкими марками по плотности (из-за их более высоких теплозащитных качеств и большого запаса по несущей способности), то при строительстве зданий с несущими стенами необходимо правильное сочетание прочностных и теплотехнических параметров газобетонных изделий, т. е. требуется более серьезная конструктивная проработка проекта. В каждом проекте необходимо правильно выбрать толщину стен, плотность и класс по прочности изделий, тип и глубину опирания перекрытия и т. д. В этом отношении, при проектировании ограждающих конструкций из автоклавного газобетона, в нашей стране сейчас нет проблем с нормативной и методической литературой, среди которой следует выделить следующие стандарты: СТО 501-52-01–2007, ГОСТ 31359–2007, ГОСТ 31360–2007.

Что касается европейской практики строительства, то основным направлением развития газобетонной отрасли является широкая номенклатура выпускаемых изделий. Не только блоки, но и плиты перекрытий, плиты покрытий, оконные и дверные армированные переемычки (рис. 1) выпускаются на большинстве европейских предприятий. Это позволяет возводить дома практически полностью выполненными из газобетонных изделий, то есть добиваться оптимального сочетания материалов. На рис. 2 показан вариант такого дома.



Рис. 1. Изделия из газобетона



Рис. 2. Дом из газобетона

Как указывалось выше, важным показателем надежности стен из газобетона и отсутствия трещин на фасадах является правильный выбор материалов – с достаточными для возведения зданий заданной этажности механическими характеристиками блоков (классом по прочности на сжатие, маркой по плотности и т. д.).

В случае достаточной глубины заложения фундамента здания и правильно выбранного его типа, появление трещин на фасадах может быть связано с усадкой материала в результате снижения влажности с отпускной (около 30% по массе) до расчетных показателей (4–5 %). Стоит отметить, что данный случай трещинообразования более характерен для неавтоклавных ячеистобетонных изделий (например, неавтоклавного пенобетона), так как усадка при высыхании для них (1–3 мм/м) в несколько раз выше, чем для газобетонных изделий автоклавного твердения (0,1–0,5 мм/м).

Однако в ряде случаев трещины могут возникать, например, когда влажность стен падает ниже расчетного уровня, или в случае недостаточной глубины опирания перекрытий на стены. Как добиться того, чтобы снизить вероятность возникновения трещин в домах, построенных из ячеистобетонных изделий? В этом вопросе стоит обратиться к опыту наших северных соседей – финнов. Дома из мелких газобетонных блоков автоклавного твердения в этой стране начали строить существенно раньше, чем в России. К настоящему времени накоплен значительный опыт проектирования, строительства и эксплуатации таких зданий.

Первоначально газобетонные дома в этой северной стране строились без использования арматуры, благо расчеты показывают, что и без армирования несущая способность стен при соответствующем выборе материала достаточна для строительства зданий высотой до 5 этажей включительно. В течение 20 лет данные об эксплуатации зданий, построенных из мелких газобетонных блоков, тщательно собирались, анализировались и в конечном итоге вводились в соответствующие нормативные документы. В настоящее время в Финляндии трудно найти здание из газобетона с трещинами на фасаде.

Решение этой проблемы было достигнуто путем контурного армирования кладки стен. Рекомендуется армировать первый и каждый четвертый ряд кладки. С учетом того, что газобетон легко штробится и режется, устройство контурного армирования не вызывает значительных затрат, поэтому в Финляндии используется практически повсеместно.

В стенах, возведенных из газобетонных блоков *Siporex*, штробы прорезаются с помощью ручного или электрического штробореза (рис. 3, а). Далее из штробы удаляется пыль. Перед укладкой арматуры штроба заполняется клеем. Для армирования используют стальную арматуру диаметром 8 мм, которую сгибают по месту, используя специальный инструмент или ручные приспособления. Арматурные стержни вдавливаются в штробы. Клей должен полностью покрывать арматуру. Арматура должна находиться в 60 мм от внешней поверхности блока. На углах стен штробы делают с закруглением (рис. 3, б).

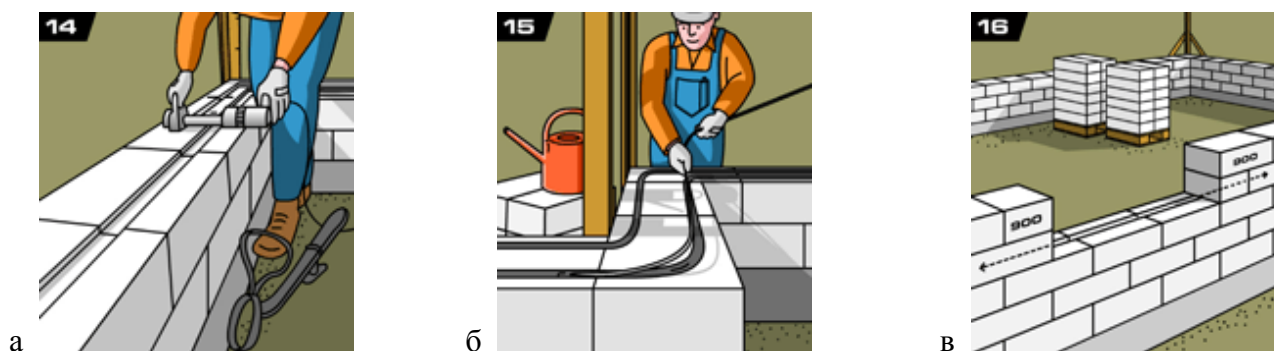


Рис. 3. Армирование ячеистобетонной кладки:

а) – выполнение штробы (паза) под арматуру;

б) – укладка арматуры; в) – армирование подоконной зоны

Дополнительно армируются также зоны под оконными проемами (рис. 3, в). Арматура должна выходить за пределы оконного проема минимум на 900 мм в каждую сторону (рис. 3). В блоках толщиной $\delta \geq 250$ мм используют два ряда арматурных поясов (рис. 3, б), а в стенах толщиной $\delta < 250$ мм – один. Внутренние стены армируются по тому же принципу, что и наружные. Опыт показывает, что армирование конструкций позволяет сохранить целостность кладки и предотвратить трещинообразование различной природы.

ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ: ПРОБЛЕМЫ, ПУТИ РЕШЕНИЯ

Г. И. Гринфельд, начальник отдела технической поддержки ООО «Аэрок СПб»

Однослойные газобетонные стены возводятся и эксплуатируются в Санкт-Петербурге с 1960 года. Сначала это были стены из крупных блоков (застройка района Дачного) и панелей («корабли» – серия 1 ЛГ- 600). Со второй половины 1990-х годов, одновременно с развитием монолитного домостроения, активно стали применяться в строительстве 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 – эксплуатационник»), могут быть исчерпывающим образом описаны, подавляющее большинство из них можно исправить корректирующими мероприятиями.

Основные конструктивные решения наружных стен (для условий г. Санкт-Петербурга), в которых используется газобетонная кладка, могут быть систематизированы следующим образом:

- *Однослойная газобетонная стена.* Газобетон марки D350 толщиной 300 мм или газобетон D400 толщиной 375 мм. Кладка выполняет конструктивную и теплоизоляционную функцию. Наружная отделка – выравнивание поверхности, окраска. Применяется в подавляющем большинстве случаев на остекляемых балконах и лоджиях.

- *Газобетонная стена с кирпичной облицовкой.* Облицовочный слой из кирпича толщиной 120 мм (реже – 250 мм), газобетон марок D400–D500, толщиной 300–400 мм. Облицовочный слой либо закрывает торцы перекрытий, либо выкладывается заподлицо с ними.

- *Газобетонная кладка с наружным утеплением.* Эффективный утеплитель, газобетон марок D400–D600 толщиной 200–250 мм. По утеплителю – либо «мокрый» фасад, либо навесная облицовка. Газобетон в основном выполняет функцию несущей основы для утеплителя.

Выбор конструктивного решения определяет и набор проблем, которые могут возникнуть на стадиях строительства и эксплуатации объекта. Остановимся на некоторых из них.

I. Каменная кладка при заполнении периметра перекрытий каркасных зданий – общий случай для всех «поэтажноопертых» стен из штучных материалов

Возможные проблемы:

1. 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.

2. 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. Расчетный недостаток устойчивости под действием собственного веса часто проявляется при однослойной кладке из газобетона марок по плотности D500 и меньше.

3. Сверхнормативная воздухопроницаемость по периметру фрагментов заполнений.

Во всех случаях является следствием низкого качества исполнения либо отсутствия деформационного шва между несущими стенами (колоннами) и кладкой, или между кладкой и перекрытием.

4. Сверхнормативная воздухопроницаемость самой кладки.

Низкое качество кладочных работ и небрежное заполнение швов (особенно вертикальных) бывают характерны для кладки толщиной в один блок. Причины – необеспеченность каменщиков инструментом для работы с тонкослойным раствором, необученность их работе со шпунтовыми торцевыми гранями, отсутствие культуры кладочных работ в зимний период.

Пути решения:

1. Деформационный шов между несущими конструкциями и заполнением следует предусматривать исполнимым в построечных условиях еще на стадии проектирования. Здесь 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 приемлемый вариант); внутренний слой деформационного шва должен включать материалы с высоким сопротивлением паропрооницанию, 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).

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 ячеистых блоков на клею (при учете того факта, что сопротивление растяжению и изгибу по перевязанному и неперевязанному сечениям 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 определенными нормативно расчетными сопротивлениями и могут назначаться в зависимости от расчетных нагрузок.

3. Воздухопроницаемость, или «продувание» деформационных швов, устраняется их качественным исполнением. Вопрос воздухопроницаемости стыков смежных элементов здания универсален для всех типов ограждающих конструкций. В наиболее проработанном виде он решен в отмененном ГОСТ 30971–2002 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам». Основными положениями этого стандарта следует руководствоваться при проектировании и устройстве примыкания стеновых заполнений к несущим конструкциям.

4. Воздухопроницаемость однорядной кладки из штучных материалов возможна только по швам. Сопротивление воздухопроницанию тела бетона достаточно высоко. Снижение воздухопроницаемости кладки может обеспечиваться как повышением качества кладочных работ (кладка на клею без пустошовки сопротивляется воздухопроницанию так же, как сам бетон), так и назначением отделочных слоев – внутренней штукатурки и (или) оклейки обоями.

II. Газобетонная кладка в качестве единственного теплоизоляционного слоя стеновой конструкции

Возможные проблемы:

1. Интенсивные теплотери в зоне опирания 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

возникают при ошибках в устройстве вкладышей в теле бетона. Вкладыши при недостаточном закреплении могут всплывать или просто смещаться при заливке бетона; пенополистирольные вкладыши могут выгорать при производстве сварочных работ и т. п.

2. Увлажнение кладки выше заявляемой пятипроцентной весовой влажности.

Увлажнение кладки к концу периода влагонакопления до значений, превышающих 5–6 % по массе, следует рассматривать как отклонение от расчетных параметров. Возможные причины такого переувлажнения разнообразны и сводятся к следующему:

- высокая воздухопроницаемость деформационных швов в двухслойных стенах (газобетон + лицевой кирпич), приводящая к работе воздушной прослойки между слоями кладки в качестве холодильника-конденсатора. Это вызывает сильное переувлажнение наружных слоев газобетона, сквозное промокание лицевого кирпича, образование наледи на дне воздушной прослойки;

- высокая воздухопроницаемость кладки без отделки в сданных, но незаселенных квартирах. Пустошовка в сочетании с отсутствием сопротивляющихся воздухопроницанию сплошных отделочных слоев приводит к тем же последствиям – пустые швы начинают работать холодильниками-конденсаторами и без лицевого кирпичного слоя;

- высокое сопротивление паропроницанию наружной отделки. Негативное влияние наклеенной на кладку керамической плитки или нанесенной плотной штукатурки особенно зрелищно проявляется в тех случаях, когда наружная отделка проводилась осенью по свежей кладке с высоким содержанием технологической и построечной влаги. Такая отделка может оторваться от стены вместе с наружными слоями бетона в первый – второй отопительный сезон.

Пути решения:

1. Торцы перекрытий в каркасных зданиях без систем наружного утепления – важный с точки зрения тепловой защиты конструктивный элемент. При наличии возможности торцы должны утапливаться в плоскость фасада и изолироваться по периметру. При отсутствии такой возможности следует уделять проектированию и расстановке теплоизоляционных вкладышей, перфорирующих край диска перекрытия, повышенное внимание.

2. Для предотвращения переувлажнения кладки мигрирующими из помещения водяными парами необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- обеспечить низкую воздухопроницаемость ограждающих конструкций с применением газобетонной кладки. Тщательно выполнять деформационные швы между кладкой и несущими конструкциями, при сомнении в качестве кладочных работ обеспечить наличие штукатурных или иных отделочных слоев с достаточным сопротивлением воздухопроницанию.

- избегать использования для наружной отделки материалов с низкой паропроницаемостью – плотной цементно-песчаной штукатурки, наклеиваемой облицовочной плитки, тонких слоев полимерных теплоизоляционных материалов.

III. Крепление фасадных облицовок к газобетонной кладке

Возможные проблемы:

1. Ненадежность связи между 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 неосуществима без 30–40 мм растворных швов в газобетоне, выполняемых с целью подгонки высоты ряда. Такие швы низводят теплотехническую однородность кладки до значений 0,7 и ниже, что не может считаться приемлемым. Расстановка одиночных анкеров – гибких связей – в швы кладок также требует подгонки высоты рядов.

2. Надежность 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. В ряде случаев к выбору крепежа для кронштейнов навесных фасадов 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. 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 решения, которые, к сожалению, пока не являются повсеместными. Для скрепления слоев можно рекомендовать так называемую «скользящую петлю» – арматурные выпуски из швов обоих слоев кладок, петель цепляющиеся за вертикальный стержень, расположенный в зазоре между слоями. Также можно рекомендовать 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, т. е. 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.

Во-первых, забивные закладные детали, оказывающие 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, т. е. включения в состав основного проекта.

Во-вторых, основные производители крепежа имеют в своем ассортименте специально предназначенные для ячеистых, щелевых и высокопустотных материалов изделия с достаточно высокой 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.

КРИТЕРИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

*А. С. Горшков, канд. техн. наук, докторант ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский
государственный политехнический университет»*

Под понятием «энергоэффективность» в жилищном строительстве будем подразумевать комплекс мероприятий, направленных на снижение потребления зданиями энергии и поддержание требуемых параметров микроклимата при экономическом обосновании их внедрения. Таким образом, понятие энергоэффективности неразрывно связано с вопросами энергосбережения.

Казалось бы, данный вопрос решается довольно несложным образом. Чем меньше здание теряет тепла, тем меньшее количество энергии требуется подвести для восполнения тепловых потерь. В этой связи наиболее простым и рациональным способом экономии энергии на отопление выглядит способ увеличения теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Начиная с 70-х годов прошлого столетия в Европе, а с 2000 года и в России, требования к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций были существенно увеличены (в России применительно к стенам и покрытиям – в 2–3 раза). Однако, несмотря

на кажущуюся простоту решения проблемы, данный способ снижения энергозатрат и, как следствие, повышения энергоэффективности в принятой терминологии имеет свои ограничения и, кроме того, не всегда оказывается эффективным с экономической точки зрения.

Во-первых, изменение теплового потока (q) от сопротивления теплопередаче (R): $q = \Delta t/R$, представляет собой гиперболическую зависимость, и по мере увеличения сопротивления теплопередаче R тепловой поток и связанные с ним потери тепла уменьшаются во все большей пропорции. При увеличении R с $0,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ до $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ при любой расчетной разности температур (например, при $\Delta t = 46 \text{ °C}$) по этой зависимости численное значение теплового потока по глади стены, без учета других теплопотерь, снизится в 5 раз, при увеличении R с $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ до $2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ при той же разности температур тепловой поток через стеновую конструкцию снизится в 2 раза, с $2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ до $3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ – в 1,5 раза, с $3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ до $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ – всего в 1,33 раза и т. д. В то же время увеличение R с $3,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ до $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ существенным образом увеличит себестоимость возведения квадратного метра стеновой конструкции, которая (по сравнению с полученной экономией энергии на отопление) может значительно превысить достигаемую при этом экономию материальных средств. Это означает, что дальнейшее увеличение сопротивления теплопередаче снизит расходы на отопление, но – с учетом высоких затрат на возведение стены – не даст экономического эффекта.

Во-вторых, при оценке экономической эффективности энергосберегающих мероприятий или внедрения энергосберегающих технологий необходимо учитывать срок их службы или эффективной эксплуатации. Основными строительными материалами, обеспечивающими снижение затрат энергии на отопление через стены, считаются так называемые эффективные утеплители (минеральная вата, пенополистирол, пено- и газобетон, а также ряд других, менее распространенных на современном строительном рынке материалов). Однако не все представители данного типа строительной продукции являются долговечными.

При использовании материалов с низким сроком службы могут сложиться экономические условия, при которых все сэкономленные в результате энергосбережения средства будут потрачены на их замену после выхода из работоспособного состояния. Не стоит забывать и о том, что затраты на проведение ремонтов (текущих, капитальных) представляют собой те же затраты энергии: на производство новых материалов, добычу полезных ископаемых для их изготовления, расход топлива при их перевозке, работу машин и механизмов и т. д.

В-третьих, нельзя забывать о таком важном параметре, как требуемый воздухообмен помещений (иначе говоря, их вентиляция), необходимый для поддержания

соответствующего уровня микроклимата в помещениях. При вентиляции происходит удаление пыли, бактерий, лишней влаги, поддерживается уровень кислорода в необходимой для нормальной жизнедеятельности и работоспособности концентрации. В зимний и в общем случае в любой период, в течение которого производится отопление помещений, энергия затрачивается, помимо прочего, на подогрев входящего холодного воздуха, причем в достаточно значительных количествах. При этом требуемый уровень воздухообмена необходим как в «холодных» домах, так и в «теплых». Отсюда следует, что как бы мы ни утепляли здание, расходы тепла на вентиляцию без использования специальных инженерных методов не уменьшатся, и чем теплее у здания будет «шуба», тем большими в относительном выражении будут затраты на вентиляцию. По оценкам различных авторов в современных домах затраты энергии на вентиляцию и инфильтрацию составляют до 40–50% всех расходов энергии на отопление зданий, а в наиболее холодные периоды времени года могут достигать 60%.

Подтверждением является следующий пример. В 2005 году сотрудниками ОАО «СПбЗНИиПИ» и ООО «НТЦ „Технологии XXI века“» при участии автора публикации проводилось комплексное обследование здания в историческом центре Санкт-Петербурга, в котором после реконструкции сопротивление теплопередаче было увеличено до $5 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. При этом никаких инженерных решений по оптимизации затрат энергии на отопление, например регулирование параметров теплоносителя по температуре воздуха, не принималось. В результате в здании зимой регулярно происходил перетоп. Для уменьшения последствий перетопы сотрудники, работающие в здании, также регулярно (в течение всего отопительного периода) открывали окна и в прямом смысле слова отапливали улицу вокруг здания.

Таким образом, становится понятным, что рациональным и экономически целесообразным способом повышения энергоэффективности является только сочетание мероприятий по увеличению теплозащитных свойств ограждающих конструкций (при условии, что срок эффективной эксплуатации внедряемых материалов, технологий и конструкций превышает период их окупаемости) при одновременном использовании современных инженерных энергосберегающих методов и технологий.

Однако, как показывает практика, и этих мер может оказаться недостаточно. Связано это в первую очередь с тем, что во многих случаях фактические и расчетные параметры энергоэффективности могут существенно отличаться друг от друга. В расчетах закладываются одни значения теплотехнических параметров (например, того же сопротивления теплопередаче), а на практике, с учетом качества строительно-монтажных работ, получаются совершенно другие. Кроме того, не всегда совпадают расчетные и

фактические параметры теплоносителя. В результате собственники жилых помещений вынуждены использовать для обогрева дополнительные источники энергии (электронагреватели, масляные радиаторы, тепловентиляторы и т. д.), дополнительно потребляя при этом энергию на отопление.

Для повышения степени соответствия расчетных и фактических затрат энергии на отопление зданий необходим контроль за энергопотреблением, достигаемый за счет совокупного выполнения следующих условий:

- обязательная установка во всех зданиях приборов учета всех видов энергии;
- наличие комплексной методики учета и контроля за потребляемой зданием энергии;
- разработка нормативов потребления энергии.

Что касается последнего условия из представленного перечня условий, то наиболее рациональным способом их установления является потребительский подход к оценке уровня теплозащиты. К сожалению, в практике проектирования чаще применяется предписывающий подход, а именно установление заданных численных значений сопротивления теплопередаче. Однако этот метод не всегда оказывается эффективным, а часто и достаточно спекулятивным. Рассчитываемое сопротивление теплопередаче зависит от толщины стеновой конструкции и коэффициентов теплопроводности входящих в ее состав материалов. И чем меньше коэффициент теплопроводности (λ), тем выше термическое сопротивление (R_T) конструкции стены. В этих условиях производители строительных материалов соревнуются по принципу «у кого λ (лямбда) меньше». По сравнению с данными 20÷30-летней давности (практически для всех теплоизоляционных материалов), численные значения коэффициентов теплопроводности при неизменной плотности уменьшились, что само по себе непонятно с физической точки зрения.

Для оценки коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов из них вырезаются фрагменты размером 250×250 мм, высушиваются и лишь затем испытываются. Наличие эксплуатационной влаги в порах материала учитывается расчетным путем. Но не учитывается наличие инфильтрации воздуха через конструкцию, смятие или разрыхление утеплителя в процессе эксплуатации, наличие теплопроводных включений и т. д. Более того, в рекламных материалах отдельных производителей до сих пор встречаются расчетные значения коэффициента теплопроводности меньше коэффициента теплопроводности воздуха. Почему-то при расчете термического сопротивления в новых СНИПах исчез коэффициент качества теплоизоляции, учитывающий снижение термического сопротивления при использовании материалов с плотностями, меньшими 400 кг/м³.

Преимуществом потребительского подхода является более гибкий выбор материалов для ограждающих конструкций и инженерных методов для реализации требуемых

параметров энергопотребления (удельных затрат энергии с квадратного метра площади или с кубического метра строительного объема здания). Кроме того, данный подход – при наличии комплексной методики контроля и учета затрат энергии на отопление – позволяет сравнивать расчетные и фактические параметры энергопотребления зданий, а после апробации и отработки системы контроля и учета – регулировать нормы потребления в сторону их постепенного снижения, например, 1 раз в 5 лет.

Таким образом, до сих пор, несмотря на увеличение требований по тепловой защите, энергоэффективность в нашей стране остается «бумажной».

Для реального уменьшения затрат энергии на отопление зданий необходимо:

- 1) разработать и установить нормативы энергопотребления в рамках потребительского подхода к уровню теплозащиты зданий;
- 2) установить требования к долговечности материалов и конструкций, применяемых в ограждающих конструкциях;
- 3) для утепления зданий применять долговечные, проверенные климатическими условиями района строительства, материалы;
- 4) более интенсивно и эффективно использовать инженерные методы и способы повышения энергоэффективности;
- 5) применять проверенные на практике архитектурные методы повышения энергоэффективности (например, уменьшение коэффициентов компактности зданий, регулирование планов при застройке кварталов и т. д.);
- 6) разработать эффективную методику комплексного учета и контроля энергии, расходуемой на отопление здания;
- 7) разработать методику ответственности застройщика при выявлении несоответствия между расчетными и фактическими параметрами энергопотребления зданий;
- 8) по мере внедрения и апробации системы контроля и учета потребляемой зданиями энергии, при условии соответствия расчетных и фактических параметров энергопотребления, постепенно, с заданной регулярностью, снижать нормативы энергопотребления.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ: ОДНОСЛОЙНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ГАЗОБЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

*А. В. Садов, директор ООО «Энергостройресурс», В. Б. Сальников, канд. техн. наук,
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина»*

Развитие любых новых технологий всегда упирается в противодействие, основанное на скептицизме, присущем каждому, и нежелании менять проверенные и отработанные технологии и образ мышления. В соответствии с изменениями № 3 СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника», введенными в 1995 г., требуемый уровень теплозащитных качеств наружных стен необоснованно завышен в 3–3,5 раза. В большинстве регионов страны его можно обеспечить применением только мягких утеплителей с недостаточно изученной долговечностью в климатических условиях России.

Введенный в действие СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» взамен СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» не решил возникших проблем, поскольку в нем сохранены те же завышенные требования к теплозащитным качествам наружных стен зданий. Сложилось положение, при котором новая система нормирования теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций не удовлетворяет современную строительную практику и ограничивает применение новых отечественных теплоэффективных, долговечных материалов, к которым относится газобетон автоклавного твердения [1, 2].

В то же время в СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» предложены две методики определения уровня тепловой защиты: по нормируемым значениям сопротивления теплопередаче для отдельных ограждающих конструкций (показатели «а»), либо по нормируемому удельному расходу тепловой энергии на отопление здания в целом (показатели «в»), использование которого позволяет предлагать решения, сбалансированные с точки зрения стоимости и энергоэффективности.

При использовании любого из подходов должны обеспечиваться санитарно-гигиенические условия. Иначе говоря, все виды ограждающих конструкций должны обеспечивать комфортные условия пребывания человека и защищать поверхности внутри помещения от увлажнения, намокания и появления плесени.

Проектирование по показателям «в» дает следующие преимущества:

- отпадает необходимость для отдельных элементов ограждающих конструкций достижения нормируемых значений сопротивления теплопередаче;

- обеспечивается энергосберегающий эффект за счет комплексного проектирования теплозащиты здания и учета эффективности систем теплоснабжения;
- предоставляется большая свобода выбора проектных решений.

Как отмечалось выше, в настоящее время выбор метода теплофизического расчета ограждающей конструкции является прерогативой проектировщика. Между тем проектирование ограждения по потребительскому подходу позволяет не только существенно оптимизировать теплотраты при эксплуатации здания, но и на этапе возведения здания уменьшить прямые затраты застройщика. Такой результат достигается за счет заложенной в нормативной документации возможности снижения минимального значения коэффициента термического сопротивления ограждающей конструкции на 37%, и как следствие уменьшение толщины конструкции, снижение нагрузки на несущие элементы перекрытий здания и фундаменты. Снижение величины коэффициента термического сопротивления ограждающей конструкции возможно при условии соответствия проектируемого здания классу «нормальный» или более высокому по энергосбережению.

Для оценки эффективности применения методики определения уровня тепловой защиты по нормируемому удельному расходу тепловой энергии на отопление здания в целом, был проведен теплотехнический расчет различных конструкций стенового ограждения для 120-квартирного (рис. 1) 10-этажного 4-подъездного жилого дома (данный типовой проект используется компанией «Атомстройкомплекс» при застройке жилых комплексов г. Екатеринбурга на Химмаше, Эльмаше, Сортировке и др.). Расчет проведен для условий г. Екатеринбурга ($R_0^r = 3,581 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$), в соответствии с требованиями СНиП 23-01–99*, СНиП 23-02–2003, СП 23-101–2004, ТСН 23–301, ГОСТ 30494–96. Расчетные параметры автоклавного газозолобетона приняты по данным завода ООО «ПСО «Теплит» (табл. 1).



Рис. 1. Фасад 120-квартирного 10-этажного жилого дома

Характеристика автоклавного газобетона производства ООО «ПСО «Теплит»

| Наименование показателя | Марка по плотности | | |
|---|--------------------|-------|-------|
| | D 400 | D 500 | D 600 |
| Класс по прочности на сжатие | B 2,0 | B 3,5 | B 5,0 |
| Марка по морозостойкости | F 50 | F 100 | F 100 |
| Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/м °С | 0,080 | 0,105 | 0,131 |
| Усадка при высыхании, мм/м | 0,59 | 0,56 | 0,57 |
| Коэффициент паропроницаемости, мг/м ч Па | 0,25 | 0,20 | 0,18 |
| Удельная эффективная активность ЕРН, Бк/кг | 77,5 | | |

Результаты сравнительного теплотехнического расчета различных вариантов ограждающей конструкции приведены в табл. 2. Анализ представленных результатов показал, что в рамках действующих нормативов возможно уменьшение толщины двухслойной стены на величину до 40 %. Кроме того, возможен отказ от использования в стеновых ограждениях утеплителей, переход к двухслойным ограждениям из автоклавного газобетона без увеличения толщины стены. При этом для вариантов Б, Г, Е по удельному расходу тепла здание имеет класс энергоэффективности «В» (высокий).

Таблица 2

Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций

| № п/п | Материал, δ мм | | | R_{0}^{r} , м ² ·°С/Вт | $R_{0\min}^{r}$, м ² ·°С/Вт | R_{0} , м ² ·°С/Вт |
|----------|----------------|--------|------------|--|--|------------------------------------|
| | Кирп. | Утепл. | Твинблок | | | |
| A | 120 | 150 | 200 (D500) | 3,581 | 0,63*R ₀ ^r = 2,256 | 4,883 |
| B | 120 | – | 500 (D500) | | | 3,366 |
| B | 120 | – | 400 (D400) | | | 4,117 |
| Г | – | – | 500 (D500) | | | 3,080 |
| Д | – | – | 400 (D400) | | | 3,853 |
| Е | – | – | 300 (D400) | | | 2,926 |

Примечания:

1. При расчете R_0 коэффициент теплотехнической однородности принимался на уровне $\gamma = 0,93$.
2. Расчет проводился специалистами УГТУ–УПИ и ООО «Энергостройресурс» с программы *COMSOL Multiphysics*, пакет *Heat Transfer*, в котором было выполнено компьютерное моделирование однослойных ограждающих конструкций и последующий трехмерный теплотехнический расчет.

С нашей точки зрения наиболее эффективно использование однослойного ограждения из газозолобетона толщиной 500 мм и плотностью 500 кг/м³. Обоснование следующее: во-первых, ограждающую конструкцию в этом случае можно выполнить, используя блоки толщиной 200 и 300 мм, обеспечив дополнительную перевязку кладки и исключив сквозные вертикальные швы; во-вторых, более массивные блоки толщиной 400 мм трудоемки при монтаже в случае выполнения каркаса здания по монолитной технологии.

На основании проведенного расчета взамен трехслойного ограждения (вариант А: кирпич, утеплитель, газобетон), предусмотренного типовым проектом для рассматриваемого 10-этажного дома, предложено однослойное ограждение из газозолобетона марки D 500 толщиной 500 мм (вариант Г). Для наружной отделки предусматривается оштукатуривание поверхностей. Для подтверждения легитимности предложенного проектного решения была проведена Государственная экспертиза проектной документации, и получено ее положительное заключение № 66-1-2-0250-09/09-0047-1 от 16 марта 2009 года. По измененному проекту в ближайшее время будет построен 10-этажный дом в п. Рефтинский Свердловской области.

Экономический эффект от замены ограждения на рассматриваемом доме (трехслойная стена толщиной 470 мм на однослойную толщиной 500 мм), складывающийся из экономии материала и уменьшения трудозатрат, составляет 2,5 млн рублей.

Как показано в статьях [3, 4], нередко устройство утепления по принципу нормируемого подхода оказывается неэффективным, т. е. мероприятия по энергосбережению не окупаются либо срок их окупаемости оказывается равным 40–50 годам. В сложившейся ситуации необходимо найти баланс между единовременными затратами на стеновые материалы и энергоэкономичностью здания. В рамках имеющейся нормативной базы единственным легитимным подходом является использование потребительского подхода при выборе параметров ограждающих конструкций.

Естественным для специалистов проектных организаций и заказчиков в таком случае было бы желание воспользоваться возможностью сэкономить средства без ухудшения качества конечной продукции. Однако на практике этого не происходит, так как проектировщики предпочитают нормируемый подход в силу его простоты.

Основным направлением работы с проектировщиками является предоставление готовых решений, упрощенных расчетных схем и т. п. Во многом подобный подход необходим еще и для того, чтобы ошибочные решения не портили имидж автоклавного газобетона. В этой связи представляется важным принятое Национальной Ассоциацией Производителей Автоклавного Газобетона решение о разработке Пособия по проектированию конструкций из

автоклавного газобетона, которое будет содержать передовые идеи в сочетании с опытом эксплуатации конструкций из газобетона.

Проведенная работа показала, что нормируемый подход к расчету теплотехники ограждающей конструкции морально устарел. Он проще и быстрее, но полученные результаты не отражают фактической необходимости в энергоэффективных свойствах конструкций. С другой стороны, комплексный подход к энергосбережению, отраженный в методике расчета по нормируемому удельному расходу тепловой энергии на отопление здания в целом, позволяет получить конструкцию, сбалансированную с экономической и энергосберегающей составляющими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паплавскис Я. М. Энергосберегающие свойства ячеистого бетона / Я. М. Паплавскис. Будівельні матеріали, вибори та санітарна техніка. Киев., 2009. № 32. С. 88–93.

2. Силаенков Е. С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов/ М. : Стройиздат, 1986. 176 с.

3. Гагарин В. Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий / В. Г. Гагарин. Сб. докладов научно-практ. конф. «АВОК». 2009. С.35–41.

4. Ольков Я. И. О решении проблемы энергоэффективности жилого фонда крупнопанельных зданий в Свердловской области и г. Екатеринбурге / Я. И. Ольков, В. Б. Сальников. Сб. материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практ. конф. и выставки студентов, аспирантов и молодых ученых «Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии». 2004. С. 301–303.

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТЕНОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ГАЗОБЕТОНА

А. С. Гориков, канд. техн. наук, докторант ГОУ ВПО Санкт-Петербургского государственного политехнического университета,

М. В. Кнатько, канд. физ.-мат. наук, заместитель генерального директора по науке Санкт-Петербургского зонального научно-исследовательского и проектного института жилищно-гражданских зданий,

П. П. Рымкевич, канд. физ.-мат. наук., профессор Военной инженерно-космической академии им. А. Ф. Можайского

В работе представлены результаты испытаний фрагмента стеновой конструкции на сопротивление климатическим и техногенным воздействиям, характерным для выбранного района строительства. Объектом исследования является стеновая конструкция, составленная из газобетонных блоков, облицованных снаружи силикатным кирпичом. Цель работы – оценка долговечности (эксплуатационного срока службы) объекта исследования, полученная на основании его лабораторных и натурных испытаний в климатической камере и реальных условиях эксплуатации.

Введение

Определение эксплуатационного срока службы (долговечности) ограждающих стеновых конструкций является одной из важнейших задач современного строительства. Под долговечностью наружных ограждающих конструкций следует понимать срок их службы с сохранением в требуемых пределах эксплуатационных характеристик в данных климатических условиях (при заданном режиме эксплуатации зданий). При этом срок службы отдельных элементов и заполнений ограждающих конструкций должен быть не ниже срока службы всей конструкции.

В процессе эксплуатации ограждающие конструкции подвергаются воздействию внешних климатических и техногенных воздействий и обеспечивают поддержание в зданиях требуемых параметров микроклимата. Очевидно, что вследствие влияния факторов окружающей среды (знакопеременные температурные воздействия, периодическое увлажнение и высушивание конструкций, воздействие агрессивных сред окружающей среды, солнечной радиации и пр.) происходит постепенная деградация (снижение) эксплуатационных характеристик ограждающих конструкций. При достижении показателей, количественно отражающих остаточный ресурс эксплуатационных характеристик ограждающих конструкций, принимаются меры по их восстановлению (в ходе текущего и

капитального ремонта), а в случае значительного износа – по сносу или реконструкции здания.

Оценка долговечности стеновых ограждающих конструкций позволяет, с одной стороны, рассчитать затраты на проведение ремонтов здания и, как следствие, определить ежегодные амортизационные отчисления, а с другой стороны – произвести оценку эффективности мероприятий, связанных с внедрением энергосберегающих технологий. Для того чтобы оценить экономическую целесообразность данных мероприятий, необходимо знать срок службы или эффективной эксплуатации внедряемых технологий.

Если фактический срок службы до первого капремонта ограждающей стеновой конструкции окажется меньше периода окупаемости мероприятий, направленных на повышение ее энергоэффективности, все сэкономленные в результате уменьшения затрат энергии на отопление здания средства будут потрачены на проведение его текущих и капитального ремонтов. При этом нельзя забывать, что затраты на проведение ремонтов здания фактически означают те же затраты энергии: на демонтаж и утилизацию вышедших из строя конструктивных элементов здания, на производство новых материалов (добыча полезных ископаемых, доставка их на завод, переработка и т. д.), на доставку материалов к объекту строительства, на работу машин и механизмов и т. д.

Таким образом, срок службы (долговечность) ограждающих стеновых конструкций является систематическим и комплексным критерием их энергоэффективности.

В нашей стране значительный вклад в развитие учения о прогнозировании долговечности различных строительных материалов внесли многие видные ученые [1–8]. Среди исследований последних лет следует выделить следующие работы [9–17].

Методика проведения испытаний

В настоящей работе описывается методика оценки эксплуатационного срока службы двухслойной стеновой конструкции по аттестованной во ФГУП «ВНИИФТРИ» методике выполнения измерений МВИ 23-5117–2005 [18]. Одновременные лабораторные и натурные испытания проводились в течение 4,5 лет в Испытательном Центре ОАО «СПбЗНИИПИ» (ранее ЛенЗНИИЭП).

Предлагаемая методика проведения испытаний на долговечность [18] 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 конкретные параметры

климатической активности выбранного региона, а также более точно моделирует процессы воздействия 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 ими влаги.

При воздействии отрицательных температур на внешнюю поверхность стены в различные периоды времени года с отрицательными температурами происходит постоянное перемещение по толщине стены фронта отрицательных температур. При замерзании влаги происходит ее увеличение в объеме, что может приводить к разрушению межпоровой структуры материала. В результате появляются центры концентрации напряжений в материале (микродефекты), которые при последующем попадании в них влаги и замораживании с неопределенной вероятностью могут разрастаться, а в общем случае – объединяться с другими такими же центрами. Кроме того, при одностороннем замораживании-оттаивании различные слои испытываемой стеновой конструкции неравномерно изменяются в объеме по толщине (чего при объемном замораживании практически не происходит). В результате неравномерного по толщине изменения объема материала появляются дополнительные механизмы разрушения стеновой конструкции на границе раздела фазового состояния влаги в поровом пространстве материала стены.

Описание испытываемой стеновой конструкции

Объектом исследования является стеновая конструкция, состоящая из внутреннего слоя, сложенного из газобетонных блоков автоклавного твердения (марки D500 по плотности и толщиной 400 мм), облицованных снаружи силикатным одинарным пустотелым лицевым кирпичом (в полкирпича). Слои скреплены между собой посредством гибких металлических связей (не менее 3-х штук с площадью поперечного сечения связей не менее $0,5 \text{ см}^2$ на 1 м^2 поверхности стены в соответствии с требованиями СТО 501-52-01–2007). С внутренней стороны стена оштукатурена. Суммарная толщина конструкции составляет 540 мм.

Выбор испытываемой стеновой конструкции обусловлен широким применением ее в практике строительства в выбранном климатическом регионе. Схематично разрез испытываемой стеновой конструкции показан на рис. 1.

Газобетонные блоки, используемые в испытании, имели размер $400 \times 250 \times 625$ мм, характеризовались плотностью 500 кг/м^3 , классом по прочности В2, морозостойкостью F35. Силикатный кирпич имел размер $250 \times 120 \times 65$ мм, водопоглощение – 11,7%, коэффициент теплопроводности – $0,67 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$.

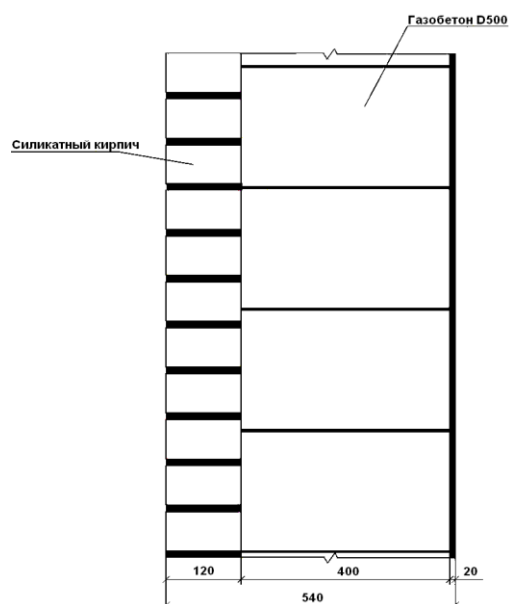


Рис. 1. Схема испытываемой стеновой конструкции

Условия проведения испытаний

Для повышения достоверности результатов испытаний одновременно испытываются два фрагмента стеновой конструкции: один – в лабораторных условиях, другой – в натуральных. С этой целью фрагмент стеновой конструкции, аналогичный испытываемому в лабораторных условиях, размещается в проеме существующего здания (рис. 2). В течение всего периода испытаний, на натурном фрагменте в различные периоды времени года исследуются процессы распределения влажности и температуры по его толщине. Полученные на основании натуральных исследований данные используются, помимо прочего, для корректировки лабораторных испытаний.



Рис. 2. Встроенный фрагмент стеновой конструкции

Достоверность полученных в ходе лабораторных исследований данных существенным образом зависит также от степени адекватности лабораторных условий реальным эксплуатационным воздействиям. Сложившаяся практика проведения таких исследований основана на использовании климатических камер, осуществляющих моделирование эксплуатационных воздействий на крупноразмерные фрагменты стеновых конструкций. Фрагменты стеновых конструкций изготавливаются в виде прямоугольных параллелепипедов (рис. 3), при этом их размеры (длина и ширина) в соответствии с ГОСТ 26254 не менее чем в четыре раза превышают их толщину и составляют 1500×1000 мм.



Рис. 3. Испытываемый в лабораторных условиях стеновой фрагмент

Испытания проводятся в климатической камере (рис. 4), состоящей из двух отсеков, – теплого и холодного, в которых имитируются соответственно температурно-влажностные условия помещений квартиры и улицы в наиболее неблагоприятные – с точки зрения эксплуатационных воздействий – периоды года.



Рисунок 4. Климатическая камера в сборе

Для удобства работы и обработки информации климатическая камера оснащается автоматизированной системой управления, а также компьютерной системой сбора, обработки и накопления измерительной информации.

Эксплуатационные воздействия

В «теплом» отсеке климатической камеры поддерживается температура воздуха 20 ± 1 °С и влажность 45–60%. Климатические и техногенные воздействия в «холодном» отсеке камеры 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 времен 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 (г. Санкт-Петербург).

Для составления программы испытаний стеновой конструкции на долговечность были использованы метеорологические данные климатической активности в Санкт-Петербурге за последние 15 лет, собранные в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова.

Параметры дождевания испытываемой конструкции были рассчитаны на основании сбора информации об объемах осадков, выпадающих в течение двух месяцев, предшествующих началу заморозков. С учетом данных об объемах осадков и средней скорости ветра за рассматриваемый период времени была вычислена доля осадков, которые увлажняют во время прохождения дождей вертикальные поверхности стен. Полученные данные были использованы для расчета производительности дождевальной установки.

В состав воды для дождевания добавляются химические вещества. Состав и концентрация добавок в водный раствор соответствуют их количественным и качественным показателям в дождевой влаге рассматриваемого района строительства. Состав для дождевания готовится из смеси дистиллированной воды и соответствующих агрессивных веществ, оказывающих разрушающее действие на материалы испытываемой стеновой конструкции.

Контролируемые параметры

Эксплуатационными (контролируемыми в процессе испытаний) параметрами испытываемой стеновой конструкции являются основные факторы, обеспечивающие безопасность и комфортные условия проживания, а именно:

- *прочность*

В процессе проведения циклических испытаний прочность определяется отдельно для каждого слоя стеновой конструкции с использованием неразрушающих методов контроля (метода ударного импульса – для облицовочного слоя из силикатного кирпича, метода вырывания анкерного устройства – для газобетонной части стеновой конструкции), и, кроме того, малоформатные фрагменты стеновой конструкции испытываются на прессе до разрушения.

- *сопротивление теплопередаче*

Сопротивление теплопередаче определяется после каждого цикла испытаний, соответствующего определенному периоду эксплуатации испытываемой конструкции. Обработку результатов измерений выполняют после проведения соответствующих циклов испытаний образцов, вычисляя значение контролируемого параметра как среднее арифметическое результатов для всех образцов, с точностью до одного знака после запятой и границы его доверительного интервала, при надежности 0,95.

Для оценки достоверности полученных результатов используются методы статистической обработки результатов. Достоверность разницы между средними арифметическими значениями какого-либо контролируемого параметра, измеренного методами неразрушающего контроля после проведения заданного количества циклических климатических и техногенных воздействий, подсчитывается по следующей эмпирической формуле (с поправкой на малое число измерений):

$$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \geq t + \frac{6}{n - 4}, \quad (1)$$

где M_1 и M_2 – средние арифметические значения контролируемого параметра, например прочности, измеренной с помощью приборов неразрушающего контроля, до (M_1) и после (M_2) заданного количества циклов воздействий; m_1 и m_2 – средние ошибки средних арифметических M_1 и M_2 соответственно; n – число наблюдений; $6/(n-4)$ – поправка на малое число наблюдений.

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 [18]. 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 регрессионной модели были использованы линейная, степенная, экспоненциальная, полиномиальная 3-й степени, логарифмическая зависимости.

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 испытаний) эксплуатационных параметров.

При достижении численного значения эксплуатационного параметра до заданного критического уровня производится оценка долговечности (эксплуатационного срока службы, например, до первого капремонта) в условных годах эксплуатации (УГЭ). В качестве критического уровня может быть выбрано снижение несущей способности конструкции или уменьшение сопротивления теплопередаче до допустимого нормами уровня ($1,94 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ для условий С-Петербурга).

Таблица 1

Результаты испытаний

| № п/п | Испытываемая конструкция (или ее часть, фрагмент) | Параметр, по которому производится оценка долговечности | Эксплуатационный срок службы (до первого капремонта) стеновой конструкции, 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) $\approx \frac{2}{3}$ толщины | Прочность (методом вырывания анкерного устройства) | > 100 лет |
| 4. | Кладка из газобетона (часть кладки в месте примыкания ее к наружному облицовочному слою) $\approx \frac{1}{3}$ толщины | Прочность (методом вырывания анкерного устройства) | 60 лет |

Данные по изменению влажности в конструкции (в зависимости от времени года) приведены на рис. 5, 6.

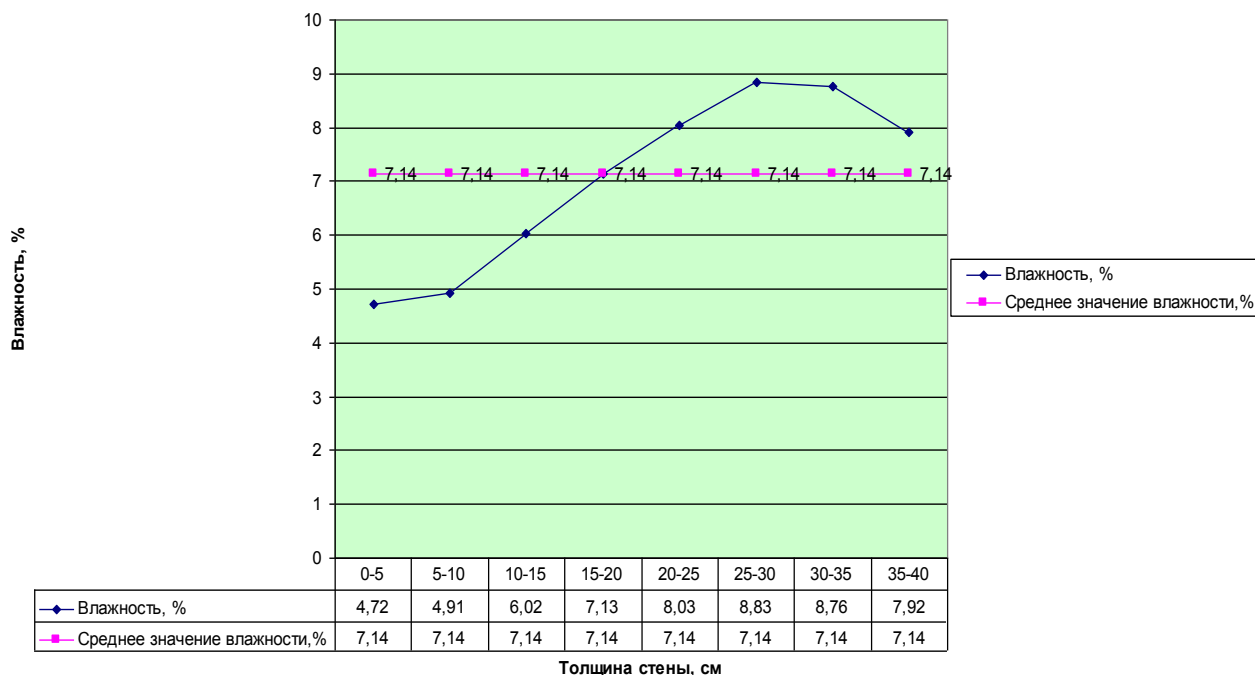


Рис. 5. Изменение влажности газобетона по толщине стены. Апрель 2009

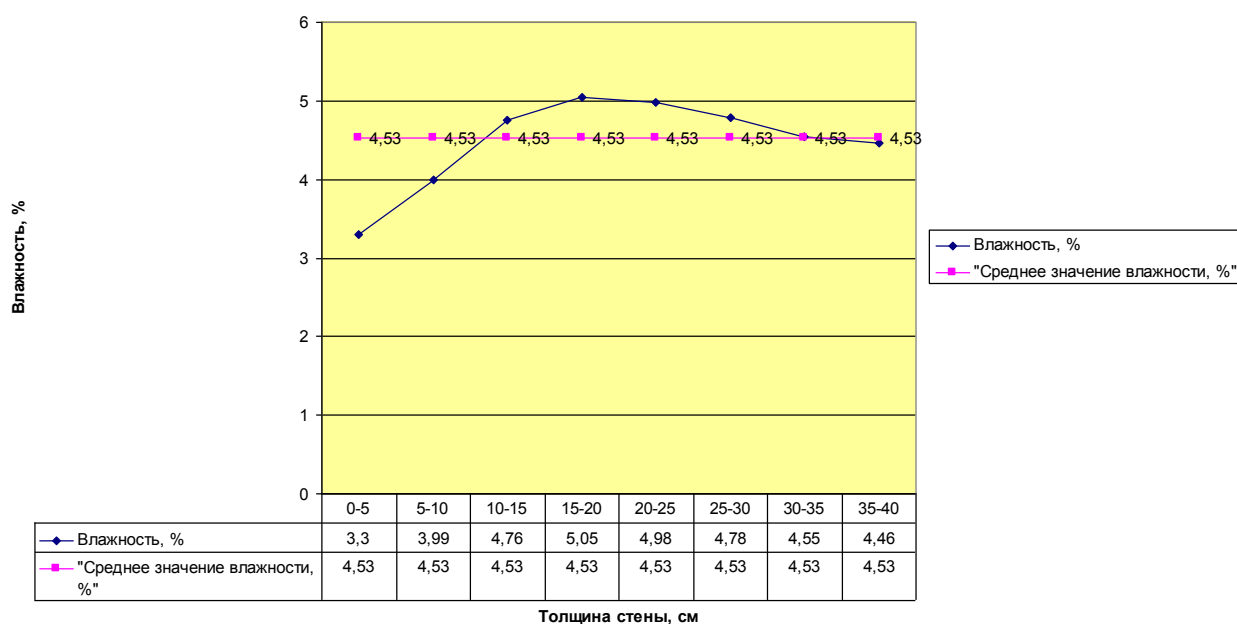


Рис. 6. Изменение влажности газобетона по толщине стены. Август 2009

Обсуждение результатов испытаний

Испытания показали, что кладка из газобетонных блоков разрушается неравномерно (рис. 7): 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 более интенсивно. Накопление влаги связано с различием коэффициентов паропроницаемости газобетона 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 3%. Средняя, равновесная по толщине газобетонной части стеновой конструкции, весовая влажность по окончании первого отопительного периода составила 12,2%, по окончании второго – 7,8%, 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.

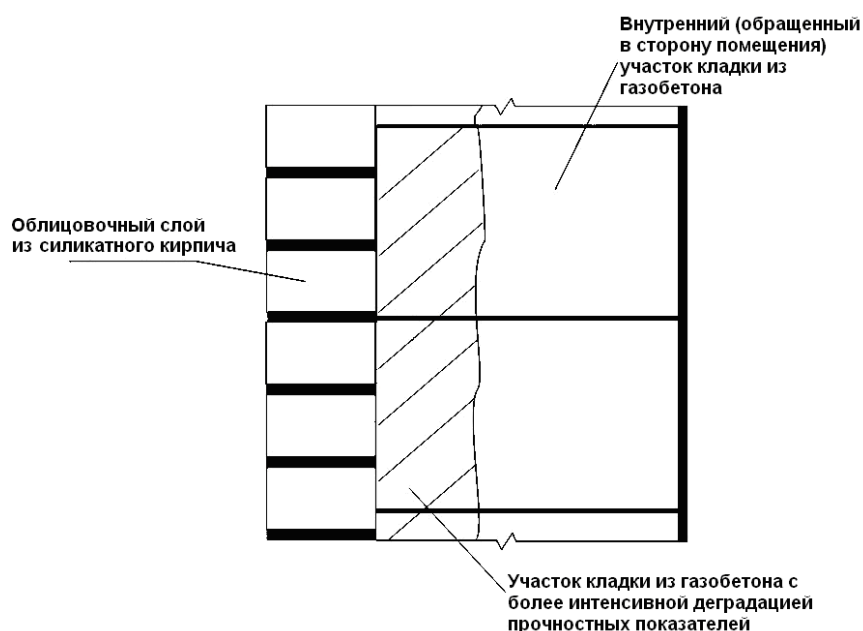


Рис. 7. Схема разрушения испытуемой стеновой конструкции

По ГОСТ 31359 в качестве расчетных значений для условий эксплуатации «А» принимается равновесная весовая влажность газобетона 4%, для условий эксплуатации «Б» – 5%, которые устанавливаются после 3–5 лет эксплуатации.

Оценка эксплуатационного срока службы (долговечности)

На основании полученных результатов прогнозируемый срок службы испытанной стеновой конструкции до первого капремонта составит 60 лет (в УГЭ). Данное положение основано на предполагаемом механизме разрушения стеновой конструкции, аналогичной испытываемой:

- в результате снижения прочности той части кладки из газобетона, которая примыкает к наружному облицовочному слою, еще до исчерпания окончательного ресурса наружной облицовки 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 критерием испытываемой стеновой конструкции, по которому в данном случае можно производить оценку ее эксплуатационного срока службы (до первого капремонта), применительно к выбранной модели разрушения, следует принять долговечность кладки из газобетона. Конкретно – 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.

Выводы

Эксплуатационный срок службы (до первого капремонта) стеновой конструкции из газобетона, облицованной снаружи силикатным кирпичом, без воздушного зазора между слоями, составляет 60 лет.

Долговечность при правильной эксплуатации испытанной стеновой конструкции составляет более 100 лет.

Для увеличения срока службы стеновой конструкции из газобетонных блоков с кирпичной облицовкой необходимо создавать условия для эффективного удаления влаги, особенно с той ее части, которая примыкает к облицовочному слою. Для этого в процессе проектирования и возведения кладки необходимо предусматривать воздушный вентилируемый зазор между слоями кладки (20–40 мм). Кроме того, для крепления облицовочного слоя к кладке из газобетонных блоков необходимо использовать гибкие металлические связи со сроком эксплуатации не менее 50 лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власов О. Е. Долговечность ограждающих и строительных конструкций (физические основы). М. : Стройиздат, 1963. 115 с.

2. Силаенков Е. С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М. : Стройиздат, 1986. 176 с.
3. Колотилкин Б. М. Долговечность жилых зданий. М. : Изд-во лит-ры по строит-ву, 1965. 254 с.
4. Колотилкин Б. М. Проблемы долговечности и надежности жилых зданий. М. : Знание, 1969. 46 с.
5. Александровский С. В. Метод прогнозирования долговечности наружных ограждающих конструкций / С. В. Александровский. Сб. трудов НИИСФ « Исследования по строительной теплофизике». 1984. С. 81–95.
6. Александровский С. В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. М. : РААСН, 2004. 332 с.
7. Бобров Ю. Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов. М. : Стройиздат, 1987. 168 с.
8. Бобров Ю. Л. Инженерный метод прогнозирования долговечности минераловатных изделий в ограждающих конструкциях / Ю. Л. Бобров, С. Л. Рябчиков. М. : МИСИ, 1983. 263 с.
9. Ясин Ю. Д. Пенополистирол. Ресурс и старение материала. Долговечность конструкций / Ю. Д. Ясин, В. Ю. Ясин, А. В. Ли. Строительные материалы. 2002. №5. С. 33–35.
10. Лобов О. И. Долговечность облицовочных слоев наружных стен многоэтажных зданий с повышенным уровнем теплоизоляции / О. И. Лобов, А. И. Ананьев. Строительные материалы. 2008. №4. С. 56–59.
11. Ананьев А. А. Долговечность лицевого кирпича и камня в наружных стенах зданий / А. А. Ананьев, В. В. Козлов, Г. Я. Дуденкова, А. И. Ананьев. Строительные материалы. 2007. №2. С. 56–58.
12. Ананьев А. А. Долговечность керамического кирпича и камня в наружных стенах / А. А. Ананьев, Г. Я. Дуденкова, В. В. Козлов. Жилищное строительство. 2007. №3. С. 13–15.
13. Батрак В. Е. Метод оценки долговечности теплоизоляции при действии эксплуатационных нагрузок / В. Е. Батрак, В. В. Бобряшов, В. М. Бобряшов. Труды I научно-технической конференции «Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования». 2008 г. С. 76–85.
14. Батрак В. Е. Метод оценки работоспособности полимерных заполнителей трехслойных панелей при действии длительных эксплуатационных нагрузок / В. Е. Батрак, В. В. Бобряшов, В. М. Бобряшов. Кровельные и изоляционные материалы. 2009. №1. С. 57–59.

15. Инчик В. В. Влияние метеорологических факторов на долговечность зданий и сооружений С-Петербурга / В. В. Инчик. Труды I Всероссийской научно-технической конференции «Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования». 2008. С. 102–107.

16. Бессонов И. В. Фасады тонкие, но стойкие... / И. В. Бессонов. Строительство. 2008. №10. С. 123–125.

17. Бессонов И. В. Оценка стойкости к климатическим воздействиям фасадных систем наружного утепления с тонким штукатурным слоем / И. В. Бессонов, С. В. Алехин. Кровельные и изоляционные материалы. 2009. №1. С. 12–15.

18. МВИ 23-5117–2005 «Ограждающие стеновые конструкции. Метод определения сопротивления климатическим воздействиям и оценка долговечности при ускоренных испытаниях». СПб. : СПбЗНИИПИ, 2006. 29 с.

ТРЕБОВАНИЯ К ШТУКАТУРНЫМ СОСТАВАМ ДЛЯ НАРУЖНОЙ ОТДЕЛКИ СТЕН ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

*Я. Паплавскис, канд. техн. наук, член совета директоров Aeroc International AS,
Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона России (НААГ),
А. Фрош, дипломированный инженер, Aeroc AS*

В течение последних 10 лет в Российской Федерации наиболее интенсивное развитие в области производства стеновых материалов получил автоклавный ячеистый бетон (газобетон). Построены или находятся в стадии строительства десятки современных заводов, производительность каждого из которых составляет от 150 тыс. м³ до 340 тыс. м³ в год. Это высокоавтоматизированные заводы, позволяющие выпускать автоклавный газобетон широкой номенклатуры, с высокой точностью геометрических размеров и низкой плотностью – 400 или 500 кг/м³. Таким образом, в Российской Федерации освоено массовое производство автоклавного газобетона нового поколения и общий объем производства его уже достиг 6 млн м³ в год, т. е. достигнут уровень наивысших объемов производства ячеистого автоклавного бетона в СССР. В ближайшие годы этот уровень производства будет существенно превышен.

Изделия из ячеистого газобетона находят широкое применение как в малоэтажном, так и в многоэтажном строительстве. Однако, ввиду отсутствия нормативной базы на применение изделий из автоклавного газобетона нового поколения, не всегда грамотно и технически правильно выполняются конструктивные решения наружных стен, в том числе отделка фасадов. В результате при эксплуатации зданий могут появляться дефекты,

например отслаивание штукатурки, отказ фасадной системы или нарушения влажностного режима наружных стен, особенно на уровне стыковки стен с перекрытиями.

Этим вопросам было посвящено заседание круглого стола на тему «Ячеистобетонные и пустотные стеновые материалы в многоэтажном строительстве». Организатором мероприятия выступила компания «Ронсон групп», специализирующаяся в области производства подконструкций для навесных фасадов. В заседании не приняли участия производители ячеистого бетона, а также проектные и научные организации России, работающие в этой области. Поэтому не со всеми высказываниями, прозвучавшими на круглом столе, можно согласиться. Но обмен мнениями по проблемам отделки фасадов наружных стен из ячеистого бетона получился очень актуальным. Он коснулся и такого важного вопроса, как наличие соответствующей нормативной базы. Так, например, было высказано следующее мнение: *«... как правило, фасады разрабатываются компанией, которая приходит выполнять фасадные работы, то есть тогда, когда уже здание стоит, и генпроектировщик понятия не имеет о том, что к этому зданию прикрепляется. Поэтому и качество, которое мы видим на строительных объектах, не выдерживает никакой критики. Это происходит потому, что проектировщики абсолютно не готовы к применению подобных конструкций, а самое главное – нет полноценной нормативной поддержки».*

Как обстоят дела с нормативной базой в РФ для штукатурных составов, предназначенных для наружной отделки стен из ячеистобетонных (газобетонных) блоков?

В Российской Федерации действует межгосударственный ГОСТ 28013–98 «Растворы строительные. Общие технические требования». Этот стандарт распространяется и на штукатурки, однако никаких нормируемых характеристик штукатурных растворов для разных стеновых материалов в нем не приводится. В стандарте указано, что необходимые нормируемые значения штукатурки устанавливает потребитель в соответствии с проектом работ. Но в каком нормативном документе изготовителю штукатурок, потребителю или проектировщику взять необходимые нормативные значения для штукатурки наружных стен из ячеистого бетона? При этом данные значения не могут быть одинаковыми для всех стеновых материалов.

Поскольку ГОСТ 28013–98 на эти вопросы ответа не дает, разработку и обоснование необходимых нормируемых значений для фасадной штукатурки должны взять на себя специалисты в области исследования свойств газобетона в содружестве с производителями фасадных отделочных составов.

По нашим данным, в РФ единственным нормативным документом, где приведены требования к защитно-отделочным покрытиям наружных стен из ячеистобетонных блоков, является стандарт организации СТО 501-52-01–2007, разработанный Центром ячеистых

бетонов. В этом документе указаны допустимые значения для следующих свойств защитно-отделочных покрытий:

- сопротивление паропрооницанию;
- водонепроницаемость через 24 часа;
- адгезия к ячеистому бетону;
- морозостойкость;
- устойчивость к разрыву по трещине в ячеистом бетоне;
- стойкость к переменному увлажнению и высушиванию.

Отметим, что европейский стандарт EN 998-1:2003, действующий в странах Евросоюза, дополнительно к вышеупомянутым свойствам требует декларировать:

- плотность раствора;
- класс по прочности на сжатие;
- теплопроводность;
- огнестойкость.

Плотность раствора и его класс по прочности на сжатие важны для тех штукатурных растворов, толщина нанесения которых составляет не менее 15 мм, в среднем 20 мм согласно DIN18555-3. Для отделки ячеистого бетона рекомендуются составы с плотностью от 600 кг/м³ до 1300 кг/м³, то есть легкие штукатурки. При этом прочность на сжатие должна быть согласно DIN18550-1 в пределах от 2,5 Н/мм² до 5,0 Н/мм². Если прочность штукатурки выше указанных величин, то и модуль упругости их соответственно выше. Однако в случае высокого модуля упругости возникает концентрация напряжений на контакте ячеистого бетона и отделочного слоя. В результате могут возникнуть трещины и отслаивание штукатурки. Для тонкослойных штукатурок (толщиной нанесения 5–6 мм) важно, чтобы их прочность на сжатие не превышала 1,0 Н/мм² (марка раствора M10).

В рамках данной статьи остановимся несколько подробнее на вопросе о нормируемой величине сопротивления паропрооницанию. В СТО 501-52-01–2007 в качестве допустимого значения сопротивления паропрооницанию указана величина $R^n \leq 0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$. В этом случае – при толщине штукатурного слоя в среднем 20 мм – его коэффициент паропрооницаемости μ приблизительно в 3 раза превышает коэффициент паропрооницаемости μ и для ячеистого бетона. Наши расчеты на проверку опасности образования конденсата, выполненные при помощи компьютерной программы *DOF-Therm 2.2*, показали, что это предельно допустимая величина паропрооницаемости.

В то же время для тонкослойной штукатурки заводского изготовления толщиной слоя 5–6 мм сопротивление паропрооницанию, на наш взгляд, должно быть приблизительно в 10 раз меньше, то есть $R^n \leq 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Такой вывод может показаться дискуссионным. Поэтому поясним подробнее критерий оценки. При вводе исходных данных в компьютерную программу *DOF-Therm 2.2* мы исходили из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции при температуре воздуха наиболее холодной пятидневки (например, для г. Санкт-Петербург согласно СНиП 23-01–99* «Строительная климатология» это -26°C с обеспеченностью 0,92).

Согласно СНиП 23-02–2003 при расчете недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции по формуле 16 в расчет принимаются более «мягкие» условия, то есть среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, P_a , за годовой период. При таком подходе сопротивление паропрооницанию R'' для отделочного покрытия, разумеется, можно повысить. Но в этом случае возникает риск, что при наиболее холодной пятидневке конденсат в ограждающей конструкции может образоваться. Поскольку это происходит с обеспеченностью 0,92, то есть 8 раз в течение 100 лет (СНиП 23-01–99*), некоторые специалисты считают излишним ужесточать требования для ограждающей конструкции по недопустимости образования конденсата.

На наш взгляд, такой подход является рискованным. Это подтверждают также натурные исследования. Если на контакте отделочного слоя и ячеистого бетона в зимнее время образовался конденсат, то он в первый летний период должен высохнуть. При этом в наружной ограждающей конструкции не должны появиться дефекты. Как известно, в летний период наружная стена высыхает в направлении снаружи – внутрь. Поэтому влага, достигшая внутренней поверхности, не должна вызывать дефектов покраски, отслаивания обоев или возникновения плесени. Пожалуй, при любом методе расчета нельзя дать полной гарантии, что этого не произойдет. Между тем, как показывает опрос жителей, часто приходится сталкиваться с этим очень неприятным явлением. Причинами его могут быть как плохая паропроницаемость ограждающей конструкции, так и неправильно спроектированная вентиляционная система.

На рис. 1 приведены результаты контроля возможности возникновения конденсата в однослойной стене из ячеистобетонных блоков *AEROC EcoTerm* с плотностью 375 кг/м^3 . Расчеты, проведенные компьютерной программой *DOF-Therm 2.2*, позволяют определить кривые распределения в порах материала насыщенной влаги и фактическое содержание влаги. Если кривая насыщенной влаги пересекается с кривой фактического содержания влаги, то в этом месте наружной стены имеется опасность возникновения конденсата. Как видно из рисунка 1, линии, хотя и незначительно, но пересекаются. Следовательно, имеется опасность возникновения конденсата при указанных на рис. 1 вводных данных. Во избежание этого необходимо правильно подбирать характеристики паропроницаемости для наружной и внутренней штукатурки.

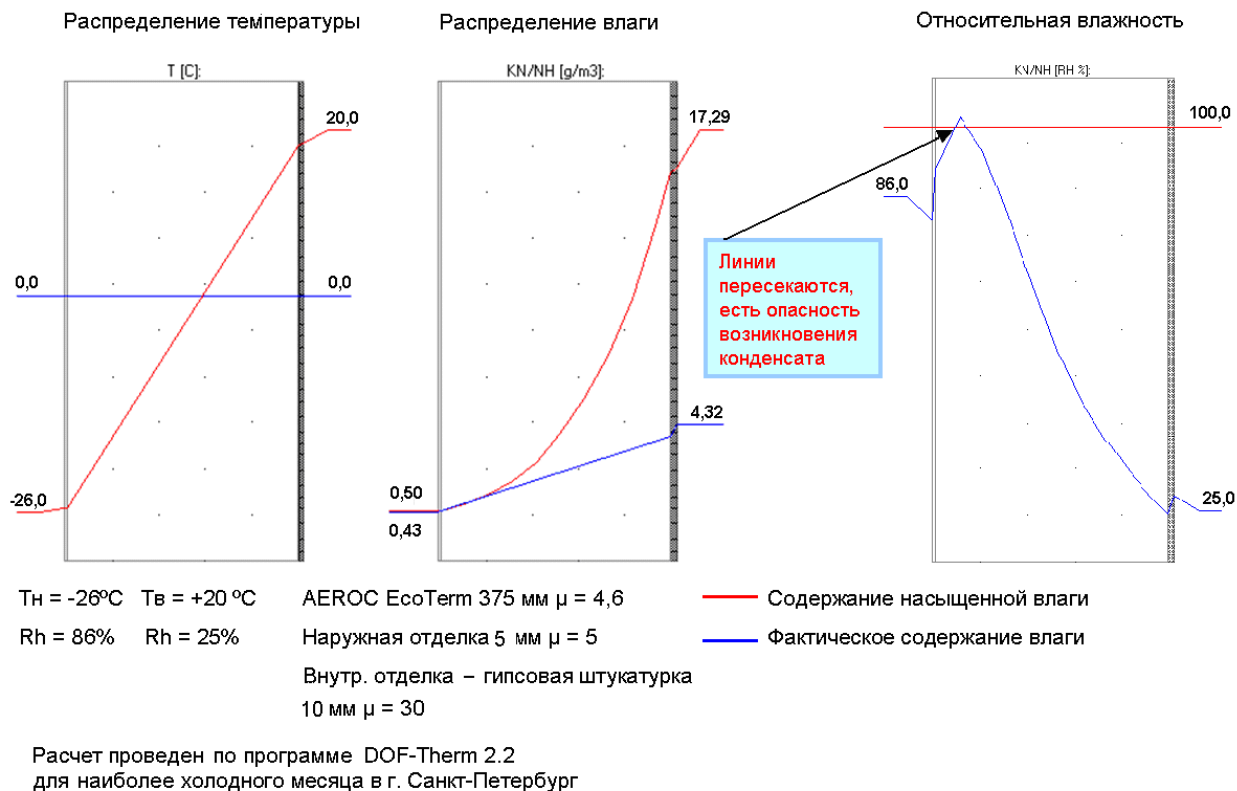
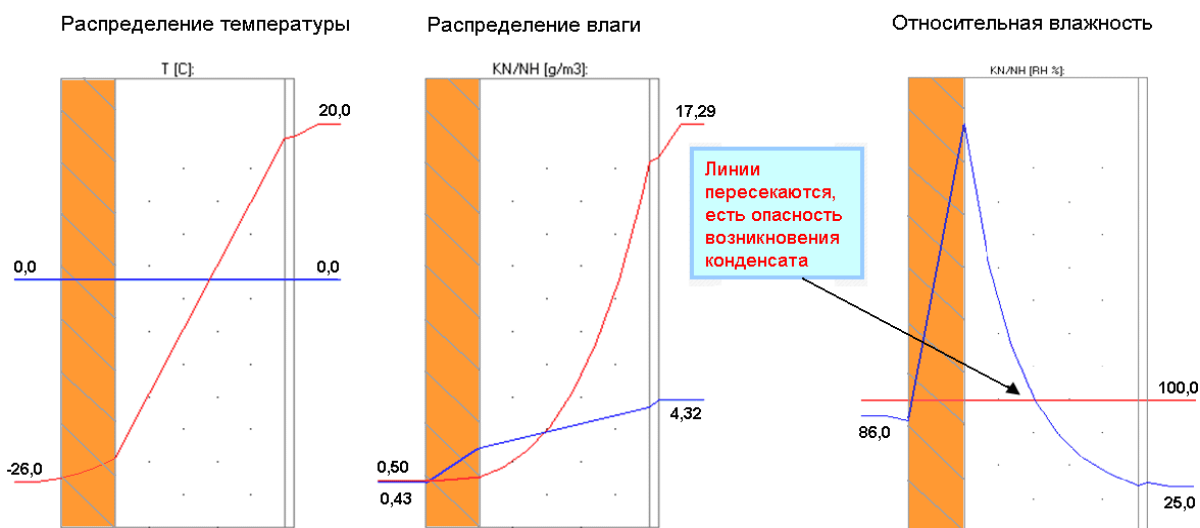


Рис. 1. Распределение температуры и влаги в наружных стенах
AEROC EcoTerm 375 мм

Аналогичным методом проверим распределение влаги для весьма распространенной стеновой конструкции, когда стена из ячеистого бетона облицована фасадным кирпичом толщиной 120 мм, без воздушного зазора. На рис. 2 приведены результаты расчета и показано, что в такой конструкции велика опасность возникновения конденсата. Поэтому такого типа фасадные решения должны быть вентилируемы, то есть иметь воздушный зазор (30–40 мм) между кирпичной кладкой и стеной из ячеистого бетона.

В вышеупомянутых расчетах мы пользовались величиной коэффициентов паропроницаемости μ , которые – согласно европейским нормам – имеют безразмерную величину и характеризуют отношение паропроницаемости воздуха к паропроницаемости материала. Это не меняет сути расчета по сравнению с другими методами расчета контроля возникновения конденсата. Принципиальная разница по сравнению с методом СНиП 23-02–2003 является в подходе к выбору величины температуры наружного воздуха. Как уже отмечалось выше, СНиП 23-02–2003 позволяет принимать более «мягкие» условия расчета, при которых в рассмотренных конструкциях наружных стен конденсат не возникает.



$T_n = -26^{\circ}\text{C}$ $T_v = +20^{\circ}\text{C}$ AEROC EcoTerm 375 мм $\mu = 4,6$ — Содержание насыщенной влаги
 $R_h = 86\%$ $R_h = 25\%$ Наружная отделка 120 мм $\mu = 15$ — Фактическое содержание влаги
 Внутр. отделка – известково-цементная
 штукатурка 10 мм $\mu = 6$

Расчет проведен по программе DOF-Therm 2.2
 для наиболее холодного месяца в г. Санкт-Петербург

Рис. 2. Распределение температуры и влаги в наружных стенах
 AEROC EcoTerm 375 мм с отделкой керамическим кирпичом

Выводы

1. По аналогии с нормами, действующими в странах Евросоюза, для автоклавного газобетона должны быть установлены свои нормативные требования для защитно-отделочных покрытий.

2. Требования, изложенные в СТО 501-52-01–2007, могут быть взяты за основу с дополнением и уточнением некоторых значений нормируемых величин. Эту работу можно выполнить в рамках разработки «Пособия по проектированию и возведению ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации» в развитие ГОСТ 31359–2007 и ГОСТ 31360–2007. Пособие по заказу ассоциации НААГ разрабатывается Центром ячеистых бетонов. Окончание работы планируется на конец 2010 года.

3. Для легких штукатурок с толщиной слоя в среднем 20 мм можно рекомендовать допустимое сопротивление паропроонианию $R^n \leq 1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$. Для тонкослойной штукатурки толщиной 5–6 мм рекомендуемое сопротивление паропроонианию $R^n \leq 1,05 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ или $\mu \leq 15$. Указанные величины сопротивления паропроонианию должны быть обеспечены для системы «грунтовка + штукатурный слой + фасадная краска».

4. При облицовке стен из газобетона лицевым кирпичом рекомендуется применять вентилируемую конструкцию с воздушным зазором 30–40 мм.

СТЕНЫ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ: ГАЗОБЕТОННАЯ КЛАДКА С НАВЕСНЫМИ ОБЛИЦОВКАМИ

Г. И. Гринфельд, начальник отдела технического развития

ООО «Аэрок СПб»

В зданиях с несущим каркасом наружные стены выполняются, как правило, с поэтажным опиранием на межэтажные перекрытия. Это обеспечивает разделение конструкционного слоя стен на фрагменты, ограниченные высотой этажа. При проектировании таких стен необходимо решить две основные задачи: обеспечить их целостность и устойчивость при эксплуатационных воздействиях; обеспечить нормативное сопротивление теплопередаче, воздухо- и паропрооницанию и ряду других факторов.

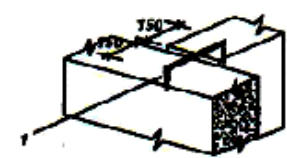

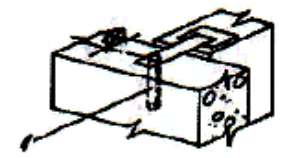
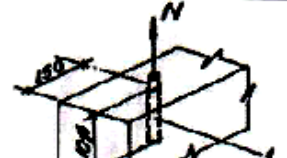
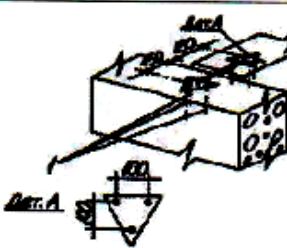
Основным видом эксплуатационных воздействий, которые следует учитывать при проектировании самонесущих газобетонных стен с поэтажным опиранием, являются ветровые нагрузки (с учетом пульсационной составляющей). При этом в значительной части случаев расчеты показывают недостаточную устойчивость таких заполнений, обусловленную их малым весом и толщиной. Следовательно, при проектировании необходимо предусмотреть исполнимое в условиях строительной площадки закрепление стен – для предупреждения выпадения их из плоскости фасада.

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 неперевязанному сечениям такой кладки равны аналогичному сопротивлению самого бетона, и по СНиП 52-01. Опорой изгибаемых конструкций в этом случае будут являться элементы, закрепляющие стеновые фрагменты в плоскости фасада. Такие элементы могут быть как плодом индивидуального проектирования, так и результатом выбора из числа стандартных решений, например из СТО 501-52-01 (табл. 1).

На сегодняшний день можно констатировать, что 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 определенными нормативно-расчетными сопротивлениями и могут назначаться в зависимости от расчетных нагрузок.

Кладка из автоклавных ячеистобетонных блоков (D350–D500) в стеновых заполнениях каркасных зданий в Санкт-Петербурге получила весьма широкое распространение и применяется в большей части возводимых в настоящий момент зданий. При этом кладка

Элементы крепления

| Схема узла крепления | Анкерные элементы (поз.1) | Неармированный ячеистый бетон В2,5 | |
|--|---|--|--|
| | | несущая способность $N_{пр}^{\delta}$, кН | предельное усилие по деформативности N_{Δ} , кН |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  | скоба $\varnothing 12$ мм $L = 300$ мм (анкерная часть – поз.1, $h_3 = 100$ мм) | 1,60 | $2,40 \Delta_0$ |
|  | 2 гвоздя $\varnothing 6$ мм $h_3 = 150$ мм | 1,50 | $1,10 \Delta_0$ |
| | 2 нагеля $\varnothing 8$ мм $h_3 = 150$ мм | 1,50 | $1,50 \Delta_0$ |
|  | вклеенный нагель $\varnothing 25$ мм $h_3 = 250$ мм | 4,00 | $9,00 \Delta_0$ |
|  | вклеенный нагель $\varnothing 25$ мм $h_3 = 250$ мм | 4,00 | $9,00 \Delta_0$ |
|  | 3 гвоздя $\varnothing 6$ мм $h_3 = 150$ мм | 3,00 | $3,50 \Delta_0$ |
| | 3 нагеля $\varnothing 8$ мм $h_3 = 120$ мм | 4,00 | $5,20 \Delta_0$ |
| | 3 нагеля $\varnothing 10$ мм $h_3 = 120$ мм | 4,00 | $6,50 \Delta_0$ |
| <p>Примечания</p> <p>1 h_3 – глубина заделки анкерного элемента в бетон;</p> <p>2 Для ячеистых бетонов классов В1,5; В3,5; В5 и В7,5 следует принимать поправочные коэффициенты к величинам, указанным в столбцах 4 и 5, соответственно 0,60; 1,4; 1,9; 2,8.</p> | | | |

выступает либо в качестве единственного теплоизоляционного слоя стены (с облицовкой кирпичом или штукатуркой), либо в качестве несущей основы для навешивания слоя дополнительного изоляционного материала.

Одновременно с сохранением высокой доли наружных ограждений с применением конструкционно-теплоизоляционной ячеистобетонной кладки в общем объеме жилищного строительства Санкт-Петербурга широкое распространение получили навесные фасадные

системы, монтируемые в ряде случаев в сочетании с наружным утеплением плитами из минерального волокна.











Принимая во внимание сразу два фактора, – рост востребованности навесных облицовок с точки зрения архитектурной выразительности и оптимальный влажностный режим работы теплоизоляционного материала, отделенного от окружающей среды вентилируемой воздушной прослойкой, а также возможность использовать в расчетах пониженные относительно прежних значений коэффициенты теплопроводности ячеистых бетонов, – представляется целесообразным объединить в одну конструкцию оба апробированных технических решения. Во-первых, это использование ячеистобетонной кладки в качестве единственного конструкционного и теплоизоляционного слоя наружного ограждения, во-вторых, использование такой кладки в качестве основы для крепления навесных фасадов.

Начнем с того, что решить задачу устройства навесных фасадов в зданиях с несущим каркасом и ячеистобетонной кладкой наружных стен можно вообще без учета прочностных характеристик стенового заполнения. Существуют фасадные системы, направляющие которых крепятся только несущими кронштейнами (в торцы перекрытий) без вспомогательных креплений, компенсирующих малую жесткость профилей. В тех же случаях, когда целесообразно использовать сравнительно гибкие профили с промежуточным закреплением направляющих, к нашим услугам достаточный ассортимент фасадных дюбелей с расчетной нагрузкой 0,3–0,8 кН (табл. 2), с коэффициентом запаса по нагрузке не менее 3, либо закладных анкерных элементов с расчетной несущей способностью до 1,5–4 кН, а также закладных элементов, несущая способность которых определяется расчетом.

Отдельно следует отметить, что газобетонные панели наружных стен, выпускаемые ДСК-3, крепились (и крепятся) к несущим конструкциям от выпадения из плоскости забивными и вклеенными нагелями. За 50 лет случаев выпадения панелей в процессе эксплуатации не зафиксировано. За последние годы в Санкт-Петербурге введены в эксплуатацию более 40 объектов, в которых основой для крепления навесных фасадных систем явилась кладка из автоклавных ячеистобетонных блоков. Надежность крепежа обеспечивается не высокой несущей способностью отдельных точек крепления, а однородностью и гарантированной обеспеченностью расчетных значений во всем массиве креплений. Коэффициент вариации прочности АЯБ – 6–8%, несущая способность дюбелей однородна по всей площади кладки из блоков (и в клеевых швах, и в теле бетона она неразличима инструментально).

Подводя итог, необходимо отметить, что на сегодняшний день имеется широкий спектр различных анкерных и закладных изделий, обеспечивающих надежность закрепления несущих элементов навесных фасадных систем в блоки из ячеистого бетона плотностью D400–D500.

Некоторые крепежные изделия, применяемые в строительстве, пригодные для крепления в ячеистый бетон

| Изделие | Наименование | Область применения | Расч. нагрузка $K_{зап} \geq 3$, кН | Метод установки |
|--|---|--|--|---|
|  <p>HPD 6x10 HPD 8x10 HPD 10x10</p> | HPD, Hilti | Для крепления конструкций (в т.ч. спринклерных систем и кронштейнов фасадных систем с воздушным зазором) | 0,8 | Забить без предварительного засверливания |
|  | HRD, Hilti | Для крепления навесной мебели, раковин, радиаторов, оконных и дверных коробок и т.п. | 0,6 | Вставить в предварительно высверленное отверстие и раскрепить шурупом |
|  | Quattro, Mungo | | 0,6 | |
|  | NAT L, Sormat | | 0,3 | |
|  | KBR, Sormat | | 0,4 | Вкрутить без засверливания |
|  | KAT N, Sormat SHR, Fischer | | 0,5 | Вставить в предварительно высверленное отверстие и раскрепить шурупом |
|  | KBTM, Sormat FTP, Fischer TD, Mungo | | 0,6 | Вставить в предварительно высверленное отверстие |
|  | GB, Fischer | | 0,5 | Забить в предварительно высверленное отверстие |
|  | FMD, Fischer MEF, Mungo | | Для крепления строительных конструкций | 0,6 |
|  | | Гибкая связь для облицовочной кирпичной кладки | 0,5 | Забить без предварительного засверливания |

СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ ПЕРЕМЫЧКИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

А. А. Соколов, аспирант ФГУП НИЦ «Строительство», филиал НИИЖБ

В связи с сокращением запасов энергоресурсов развитие строительной отрасли в РФ последние десятилетия идет по пути применения материалов и конструкций зданий, обеспечивающих энерго- и ресурсосбережение при их эксплуатации, возведении и сносе. В результате возведение однослойных наружных стен из кирпича и керамзитобетона (традиционных материалов) стало нецелесообразным, а широкое применение получили многослойные ограждающие конструкции с эффективным пороволокнистым утеплителем, наружным облицовочным слоем из кирпича и внутренним слоем из различных материалов в виде блоков. Выбор наиболее эффективного варианта конструкций наружных стен оказывает значительное влияние на сметную стоимость и экономические показатели здания, так как на них приходится до 36% от общей величины укрупненных показателей стоимости конструктивных элементов здания.

Однако, как показала оценка технико-экономической эффективности трех наиболее широко распространенных вариантов наружных ограждающих конструкций (рис. 1) с примерно равным приведенным термическим сопротивлением, выполненная методом функционально-стоимостного анализа, наиболее эффективной, с потребительской точки зрения, является однослойная конструкция из ячеистобетонных блоков. По сравнению с однослойными наружными стенами многослойные конструкции обладают значительно более высокой стоимостью, трудоемкостью и недостаточной долговечностью. При выполнении оценки данным методом учитываются потребительские требования всех участников инвестиционного процесса строительства и эксплуатации здания, а сама оценка производится по отношению потребительской стоимости к затратам на их создание. Так, используя 12 функций-требований одинаковой важности (табл. 1), были определены показатели потребительских свойств рассмотренных конструкций: №1 – 0,95; №2 – 0,75; №3 – 0,80. Тогда при совокупных затратах на возведение и эксплуатацию: №1 – 10208 руб.; №2 – 12220 руб.; №3 – 16337 руб.; соотношение показателей технико-экономической эффективности будет следующее: 0,95:0,63:0,5.

Одним из вопросов, решение которых требует при проектировании наружных стен из ячеистобетонных блоков повышенного внимания, является устройство проемов в кладке. Традиционно для этого применяются сборные перемычки из тяжелого бетона и перемычки

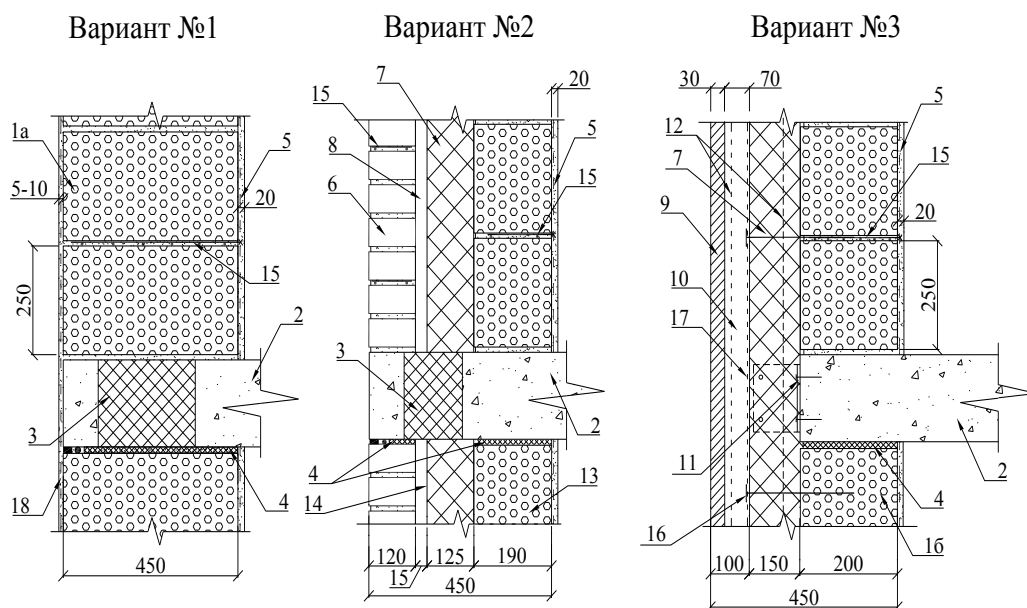


Рис. 1. Варианты наружных стен: 1 – кладка из ячеистых блоков марки по плотности: а – D400, б – D600; 2 – плита перекрытия; 3 – термовкладыш; 4 – деформационный шов; 5 – штукатурка; 6 – кирпичная кладка; 7 – минераловатный утеплитель $\rho = 90 \text{ кг/м}^3$; 8 – неветилируемый воздушный зазор; 9 – облицовочные панели; 10 – вентилируемый воздушный зазор; 11 – кронштейн; 12 – «Г»-образная направляющая; 13 – кладка из керамзитобетонных блоков СКЦ; 14 – диффузионная пленка; 15 – оцинкованная сетка; 16 – базальтопластиковые связи; 17 – стеклопластиковая сетка; 18 – паропроницаемая штукатурка

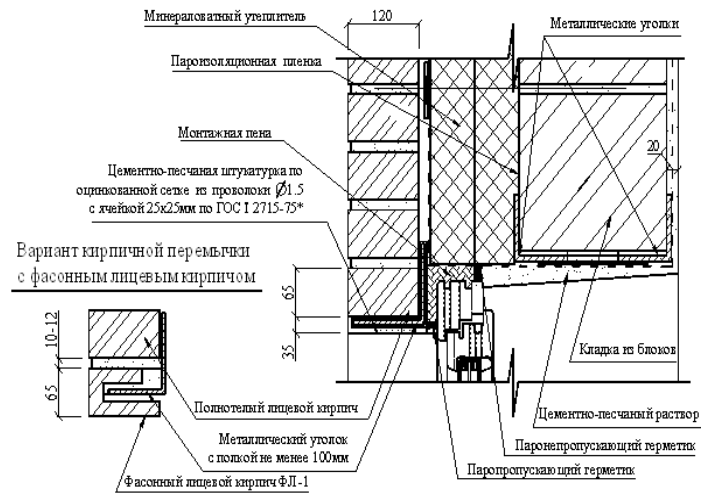
Таблица 1

Потребительские свойства сравниваемых наружных стен

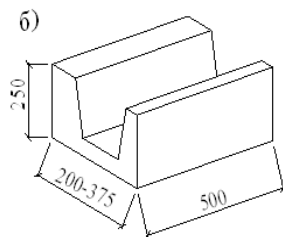
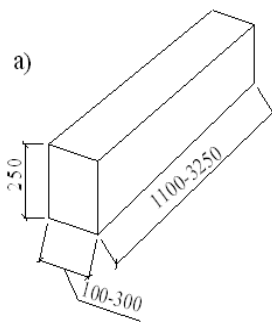
| № варианта | Несущая способность | Теплозащита | Пожарная безопасность | Экологическая безопасность | Архитектурно эстетические качества | Сан. гигиена и комфортность | Технологичность | Ремонтопригодность | Долговечность | Энергоэффективность | Стоимость материала | Снижение веса | Потребительский коэффициент |
|------------|---------------------|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------|-----------------------------|
| I | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,65 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,80 | 0,95 |
| II | 1 | 1 | 0,77 | 0,66 | 1 | 0,66 | 0,64 | 0,25 | 0,77 | 0,81 | 0,87 | 0,55 | 0,75 |
| III | 1 | 1 | 0,77 | 0,65 | 0,75 | 0,87 | 0,42 | 1 | 0,77 | 0,80 | 0,51 | 1 | 0,80 |

из металлического профиля (кладка по металлическому уголку). Однако их применение в стенах из ячеистобетонных блоков неэффективно, так как при этом значительно снижается теплотехническая однородность стены и повышается расход стали на конструкцию. Из-за дороговизны стали и проблемы с обеспечением ее защиты от коррозии. Применение металлического профиля для перемычек было запрещено еще нормами 1954 года – ТП 101–54.

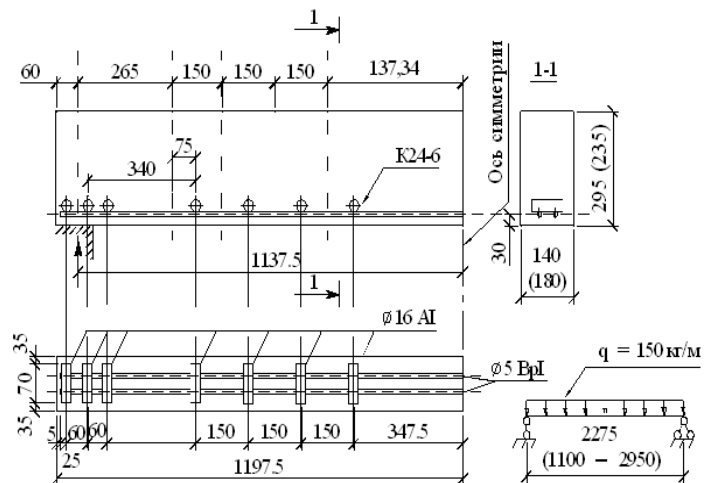
В качестве альтернативного варианта (рис. 2) могут быть рассмотрены полистиролбетонные перемычки, разработанные ВНИИжелезобетона, армированные металлическими каркасами со специальным антикоррозионным покрытием. Несущая способность перемычек 50–150 кг/м, при плотности бетона 350–600 кг/м³ и класса по прочности В0,5–В1,5. Возможно изготовление перемычек с несущей способностью до 300 кг/м. Основные размеры перемычек: длина – от 1,1 м до 2,95 м; высота – 235 мм и 295 мм, при толщине 140 мм и 180 мм. При несущей способности 150 кг/м перемычка длиной 2,4 м имеет расход стали 1,51 кг.



Конструкции перемычек с металлическим прокатом



Перемычки из ячеистого бетона:
а) – брусковые армированные перемычки,
б) – лотковые блоки для перемычек



Армирование и расчетная схема перемычки из полистиролбетона

Рис. 2. Варианты выполнения перемычек в ячеистобетонной кладке

Кроме того, освоен выпуск перемычек из конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона марки по плотности D600 и класса по прочности на сжатие – В 3,5. В частности, разработаны перемычки шириной от 10 до 30 см (при высоте 25 см) и длиной от 110 до 325 см. При этом с увеличением пролета происходит снижение расчетной несущей способности от 25 до 4 кН/м.

Однако в рассмотренных перемычках применяется ячеистый бетон более высокой плотности D600, чем в стеновых блоках наружных стен, – D400, что создает мостики холода. Также следует отметить, что применяемая в сборных перемычках арматура в обязательном порядке должна обрабатываться антикоррозионными составами. Поэтому, с целью повышения теплотехнической однородности стены и снижения расхода стали, были разработаны сборные составные перемычки из ячеистобетонных блоков той же плотности D400, что и гладь стены, где металлическая арматура в виде отдельных стержней, пучков проволоки и полос из асбестоцементного листа защищена от коррозии слоем мелкозернистого бетона (рис. 3, 4). На сборные составные перемычки получены патенты и разработана рабочая документация, технические условия и технологические карты, в которых учтена возможность изготовления данных перемычек непосредственно на строительной площадке.

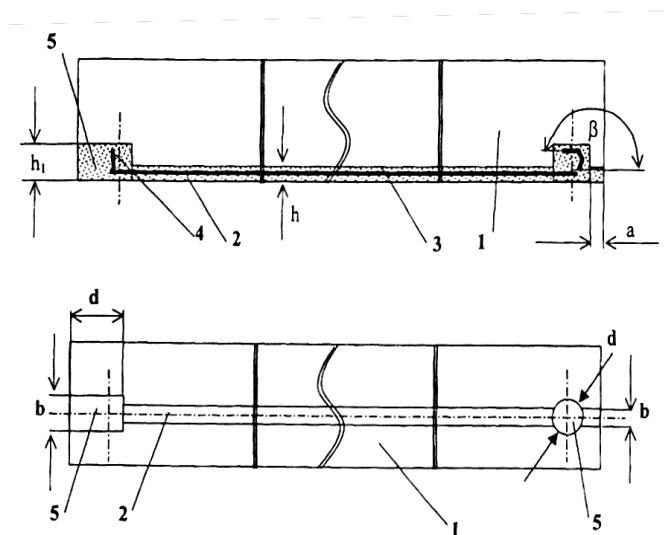


Рис. 3. Составная блочная перемычка ПСБ: а – схема армирования блоков;
 б – схема расположения выемок под анкеры;
 1 – конструкционно-теплоизоляционные блоки; 2 – соосный паз;
 3 – арматура; 4 – анкеровка арматуры; 5 – выемка в блоке под анкер

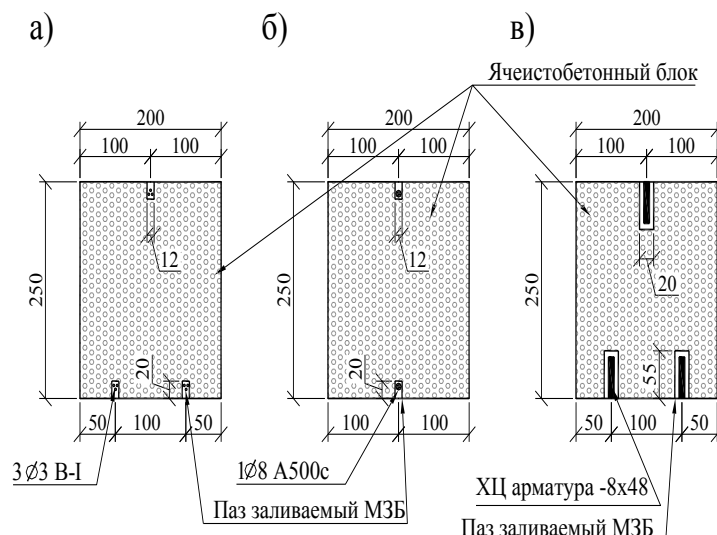


Рис. 4. Поперечное сечение перемычек с проволочной ПСБ-1 (а), стержневой ПСБ-2 (б) и асбестоцементной ПСБ-3 (в) арматурой

С целью изучения механизма разрушения перемычек ПСБ были изготовлены и испытаны на изгиб три составных перемычки с расчетным пролетом 1,6 м: ПСБ-1 с оцинкованной проволочной арматурой; ПСБ-2 со стержневой арматурой; ПСБ-3 с арматурой из асбестоцементной полосы. Перемычки изготавливались из трех ячеисто-бетонных блоков размером 60x20x25 см при прочности бетона 2,3 МПа и средней плотности 417 кг/м³.

Разрушение сборных составных перемычек происходило при нагрузке 6,5–10 кН/м, что в 9–12 раз выше эксплуатационной для наружных ненесущих стен 1,3 кН/м (рис. 5). Трещины в перемычках при расчетной эксплуатационной нагрузке отсутствовали, а прогибы 1,5–3 мм перед разрушением не превышают предельно допустимого эксплуатационного прогиба $1/200 = 8$ мм. Следовательно, прочность, трещиностойкость и жесткость при изгибе составных перемычек ПСБ, независимо от способа армирования, достаточна для применения в ненесущих стенах. При этом расход стали в разработанных перемычках почти в 2–3 раза меньше, чем в аналогичных сборных перемычках, разработанных ВНИИжелезобетона.

Экспериментальные исследования показали, что с ростом нагрузки происходит образование нормальных трещин в растворных швах между блоками, после их развития до $\frac{3}{4}$ высоты балки они переходят в наклонные, развиваясь по ячеистому бетону. При дальнейшем нагружении наклонные трещины развиваются и переходят в горизонтальные, выделив сжатую зону. Разрушение перемычек со стальной арматурой в виде проволоки и отдельных стержней происходит за счет ее продергивания при нагрузке в два раза более низкой по сравнению с расчетной разрушающей, а с асбестоцементной полосой – без про-

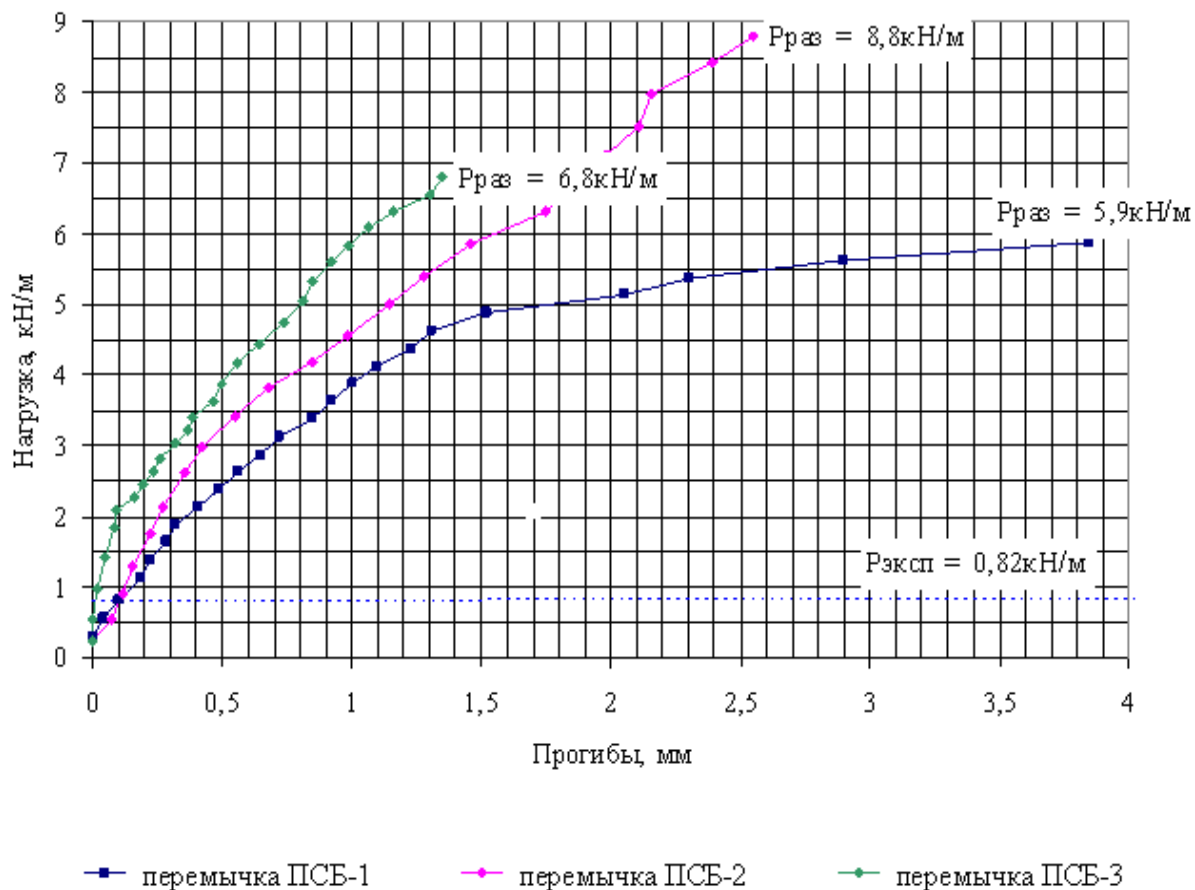


Рис. 5. Диаграмма деформирования блочных перемычек ПСБ

дергивания в результате разрыва при достижении в арматуре предельных растягивающих напряжений, что хорошо согласуется с результатами расчета по методу предельных состояний.

Полосовое асбестоцементное армирование наиболее экономично, обеспечивает коррозионную стойкость и анкеровку без дополнительных мероприятий. Хорошая совместная работа ячеистого бетона с асбестоцементной арматурой объясняется меньшими касательными напряжениями по поверхности арматуры в 4,3 и 10,9 раза.

Учитывая, что наружные несущие стены из ячеистобетонных блоков часто облицовывают кирпичом, а для устройства проемов в кирпичной кладке из удобства монтажа применяется уголкового профиля №10-12, нами разработана рабочая документация, технические условия и технологические карты на запатентованные составные сталекирпичные перемычки, изготавливаемые из фасонного «С»-образного кирпича ФЛ-1 Голицинского керамического завода. Расход стали в них в 3–6 (2,9–5,7) раза меньше, чем в уголкового профиля №10, а арматура в них надежно защищена от коррозии (рис. 6).

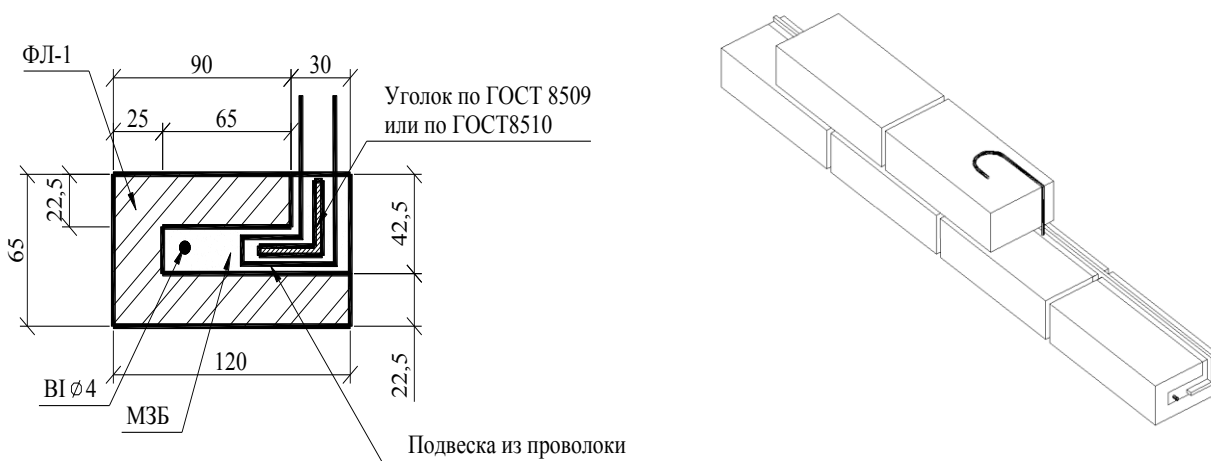


Рис. 6. Конструкция составной перемычки ПСК из фасонного кирпича

Экспериментальные исследования перемычек, армированных уголками 32x4 и 50x5, при пролетах соответственно 1,5 и 2,44 м показали, что разрушение перемычек происходит в зоне действия максимальных изгибающих моментов и сопровождается образованием продольных трещин. За счет совместной работы уголка с кирпично-бетонной обоймой прочность перемычки в три раза выше прочности профиля, применяемого для ее армирования. При этом несущая способность перемычек 2,2 и 2,7 (2,23 и 2,65) кН/м больше эксплуатационной нагрузки 1,5 и 2,5 (1,38 и 2,24) кН/м от вышележащей кладки. Однако прогиб перемычек при эксплуатационных нагрузках 9,7 и 36,5 мм превышает предельно допустимый $1/200 = 7,5$ и $12,2$ мм соответственно в 1,3 и 3 раза, а перед разрушением достигая величины $1/60$ в 3,5 раза. Начало образования трещин происходит при нагрузке в 2,2 раза ниже эксплуатационной.

Подводя итог проведенным исследованиям, необходимо отметить, что все рассмотренные перемычки могут применяться при строительстве зданий со стенами из ячеистого бетона и при их проектировании можно использовать метод предельных состояний. Но при этом их применение требует повышенного внимания к качеству работ на строительной площадке. Необходимо соблюдение технологических перерывов при кладке стен или устройство подпорных балок под перемычками; вертикальные и горизонтальные швы должны быть полностью заполнены клеем и обжаты, для чего клей разравнивается специальным шпателем с бороздками; соблюдение проектной величины опорных зон; сохранность перемычек от повреждений в доэксплуатационный период.

Результаты исследований использованы при проектировании и строительстве наружных стен двух многоэтажных 4- и 5-секционных жилых домов в Москве с 2002 по 2005 г. Применение составных сборных перемычек ПСБ и ПСК на одном доме позволило сократить расход стали на 72 т. Экономический эффект от замены конструкции трехслойных стен с минераловатным утеплителем на двухслойные стены из ячеистобетонных блоков толщиной 40 см в каждом доме составил около 20 млн руб. в ценах 2004 г.

НОВЫЕ СТАНДАРТЫ НА ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

*А. А. Вишнеvский, канд. техн. наук, доцент ГОУ ВПО
«Уральский государственный технический университет – УПИ
им. первого Президента России Б. Н. Ельцина»,
исполнительный директор ООО «ПСО «Теплит»*

В настоящее время в различных регионах России (Санкт-Петербург, Ярославль, Липецк, Самара, Свердловская обл., Новосибирск, Воскресенск, Можайск и др.) работают или строятся современные заводы по производству ячеистого бетона. Для современных заводов характерна высокая точность геометрических размеров, широкая номенклатура выпускаемых изделий и, что особенно важно, на этих заводах освоен выпуск изделий с плотностью 350–400 кг/м³ и классом по прочности при сжатии В1,5. С такой прочностью изделия могут быть использованы не только как теплоизоляция, но и как стеновые блоки, воспринимающие силовые нагрузки. Применение этих изделий во многих регионах РФ в наружных стенах не требует дополнительного утепления, что дает значительный экономический эффект.

Однако старая нормативная база, разработанная в СССР, например ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89, не учитывала возможностей новых производств. Складывалась абсурдная ситуация – промышленность готова поставлять ячеистобетонные изделия нового поколения, а существующая нормативная база запрещает это.

Впервые с этой проблемой столкнулись в Белоруссии, после запуска завода «Забудова», работающего по немецкой технологии *Hebel*. Руководством республики Беларусь было поручено Госстрою, научным и проектным организациям республики разработать целый ряд нормативных документов, которые узаконили бы применение нового материала. В 1998 году эта работа была завершена изданием СТБ 1117–98 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия», СНБ 2.04.01.–97 «Строительная теплотехника» и др.

В Российской Федерации сложилась та же ситуация, которая была в Белоруссии 10 лет назад. Вопрос осложнился тем, что в связи с ликвидацией Госстроя РФ отсутствовала координация разработки и финансирования нормативных документов. В этой ситуации в 2005 г. предприятия, выпускающие ячеистобетонные изделия по современной технологии, решили сами финансировать работу по созданию новых стандартов, создать рабочую группу и привлечь в качестве головной организации институт НИИЖБ. Как известно, институт НИИЖБ являлся головной организацией и при разработке прежних стандартов ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89.

В рабочую группу вошли представители ЦНИИСК им. Кучеренко, МГСУ, ВГАСУ (г. Воронеж), а также ОАО «ЛЗИД» (г. Липецк), ОАО «НЛМК» (г. Липецк), ООО «Аэрок» (г. Санкт-Петербург), ОАО «ЛКСИ» (г. Липецк), ООО «Рефтинское объединение «Теплит» (Свердловская область), ОАО «Главновосибирскстрой», ОАО «Коттедж» (г. Самара) и ФГУП 211 КЖБИ (Ленинградская область).

Разработка стандартов проводилась при содействии технического комитета ТК 465 «Строительство» в соответствии с «Программой разработки национальных стандартов РФ на 2006 г.» (т. 3., раздел 1), утвержденной Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии 22 февраля 2006 г.

В 2007 г. работа была завершена, ГОСТ 31359 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения» и ГОСТ 31360 «Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения» вступили в силу. Какие основные отличия имеют вновь разработанные ГОСТы по сравнению со старыми ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89?

Во-первых, разработанные ГОСТы распространяются только на автоклавный ячеистый бетон, так как неавтоклавный ячеистый бетон по своим физико-механическим характеристикам, области применения, сырьевой базе, технологии изготовления и другим характеристикам существенно отличается от автоклавного ячеистого бетона.

Во-вторых, в новых стандартах к конструкционно-теплоизоляционным ячеистым бетонам относятся все автоклавные ячеистые бетоны, для которых класс по прочности на сжатие не ниже В1,5 – независимо от плотности. Ранее бетоны с плотностью ниже 500 кг/м³ относились к теплоизоляционным и не могли использоваться в несущих конструкциях. Между тем прочностные параметры данного бетона позволяли это сделать.

В-третьих, коэффициенты теплопроводности λ (Вт/м°C) для сухого материала приняты согласно гармонизированному европейскому стандарту EN 1745:2002 (Е) (табл. 1).

В-четвертых, по аналогии с EN 771- 4:2003 исключены требования по отпускной (послеавтоклавной) влажности ячеистого бетона в силу эфемерности данной величины [1].

**Коэффициент теплопроводности ячеистых бетонов при равновесной влажности
по приложению А ГОСТ 31359–2007**

| Марка ячеистых бетонов по средней плотности | Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при влажности W | | |
|---|--|-------|-------|
| | 0% | 4% | 5% |
| D200 | 0,048 | 0,056 | 0,059 |
| D250 | 0,060 | 0,070 | 0,073 |
| D300 | 0,072 | 0,084 | 0,088 |
| D350 | 0,084 | 0,099 | 0,103 |
| D400 | 0,096 | 0,113 | 0,117 |
| D450 | 0,108 | 0,127 | 0,132 |
| D500 | 0,120 | 0,141 | 0,147 |
| D600 | 0,140 | 0,160 | 0,183 |
| D700 | 0,170 | 0,199 | 0,208 |
| D800 | 0,190 | 0,223 | 0,232 |
| D900 | 0,220 | 0,258 | 0,269 |
| D1000 | 0,240 | 0,282 | 0,293 |
| D1100 | 0,260 | 0,305 | 0,318 |
| D1200 | 0,280 | 0,329 | 0,342 |

В-пятых, в новых стандартах приведены уточненные показатели равновесной влажности газобетона (табл. 1). Так, согласно многочисленным исследованиям современного газобетона при нормальных условиях эксплуатации (условия А) равновесная влажность газобетона не превышает 4 % (вместо 8 % в указанных СНиП II-3-79), а для влажных условий эксплуатации (условия Б) – 5 % (вместо 12 %, указанных в СНиП II-3-79).

Кроме того, в новых стандартах сказано, что автоклавный ячеистый бетон относится к негорючим материалам. Введен в перечень обязательно контролируемых величин коэффициент паропроницаемости, так как это свойство является одним из преимуществ данного материала и непринятие его во внимание (в частности, при обустройстве многослойных ограждений) ведет к негативным последствиям.

Также в стандартах нет жесткого лимитирования характеристик (морозостойкость, прочность) ячеистого бетона для конкретных марок по плотности. Взамен этого ограничивается минимальное (максимальное) значение данной величины, сами же

характеристики представлены параметрическим рядом, из которого производитель заявляет, а заказчик выбирает. Например, в соответствии с ГОСТ 31360 морозостойкость для изделий, предназначенных для использования в наружных стенах, должна быть не ниже F25, для остальных – не ниже F15. При этом параметрический ряд, по которому производитель заявляет, а заказчик выбирает – в соответствии с ГОСТ 31359, представлен следующим образом: F15; F25; F35; F50; F75; F100.

Аналогично в ГОСТе нормируются размеры изделий. Ограничены только максимальные размеры, в рамках которых производитель сам формирует номенклатуру выпускаемой продукции.

Издание новых стандартов позволило гармонизировать существующие нормы с общепринятыми европейскими нормативами, а также снять большинство вопросов, связанных с началом производства ячеистого бетона нового поколения. Все это будет способствовать более широкому и корректному применению современного ячеистого бетона автоклавного твердения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка межгосударственных стандартов взамен ГОСТ 25485–89 и ГОСТ 21520–89 в части ячеистых бетонов автоклавного твердения / Т. А. Ухова, Я. М. Паплавскис, Г. И. Гринфельд, А. А. Вишнеvский // Строительные материалы. 2007. № 4. С.10–13.

Научное издание

ОДНОСЛОЙНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ
ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА
В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Редактор *В. И. Новикова*

Компьютерный набор *авторский*

Подписано в печать 2.08.2010. Формат 60x84 1/8.
Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 11,16.
Уч.-изд. л. 6,7. Тираж 300 экз. Заказ .

Редакционно-издательский отдел УрФУ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
rio@mail.ustu.ru

Отпечатано в «Березовская типография», ГУП СО «МЩЗ»
623700, Свердловская обл., г. Березовский, ул. Красных Героев, 10