Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 1 (40). 2016. 78-101

Construction of Unique Buildings and Structures

journal homepage: www.unistroy.spb.ru

Потребительские свойства стеновых изделий из автоклавного газобетона

Н.И. Ватин[1], А.С. Горшков [2], С.В. Корниенко[3], И.И. Пестряков[4]

[1,2,4]Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

[3]Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 400074, Россия, Волгоград, ул. Академическая, 1

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК	Подана в редакцию 27 января 2016	здание; стены; автоклавный газобетон; газобетонные блоки; теплопроводность; термическое сопротивление; энергосбережение; энергетическая эффективность.;

АННОТАЦИЯ

В статье представлен качественный анализ геометрических характеристик и механических свойств газобетонных блоков, а также теплотехнических и экономических параметров стеновых конструкций. Подробно рассмотрены как положительные, так и отрицательные свойства стеновых изделий и конструкций из газобетонных блоков. Проведен анализ действующей на территории Российской Федерации нормативной документации. На основании проведенного анализа представлена качественная оценка изделий и стеновых конструкций. Даны рекомендации по области применения газобетонных блоков при строительстве жилых зданий на территории Российской Федерации. Показано, что в климатических районах с ГСОП ≥ 4200 °С·сут/год применение в наружных стенах газобетонных блоков без дополнительного утепления нецелесообразно.

Содержание

Контактный автор:

1. +7(921)9643762, vatin@mail.ru (Ватин Николай Иванович, д.т.н., профессор)
2. +7(921)3884315, alsgor@yandex.ru (Горшков Александр Сергеевич, к.т.н., доцент)
3. +79884912459, svkorn2009@yandex.ru (Корниенко Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент)
4. +79213795000, pestr47@mail.ru (Пестряков Игорь Иванович, директор испытательного центра)

1. Введение

Автоклавный газобетон в виде стеновых блоков в настоящее время получил широкое распространение в Российской Федерации, а также в странах Восточной Европы. В тоже время в странах Западной Европы и, особенно, в странах Скандинавии стеновые изделия из газобетона в настоящее время применяются крайне редко [1, 2]. Получив толчок для развития именно в скандинавских странах [3], в настоящее время на территории этих стран нет ни одного крупного производства по выпуску данного типа изделий.

Пик популярности изделий из автоклавного газобетона в странах Западной Европы и Скандинавии закончился с началом реализации комплексной программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий. Стены, выполненные кладкой из газобетонных блоков без дополнительного утепления, не могут обеспечить современные требования к уровню теплоизоляции, принятые в этих странах [4].

Высокая начальная влажность изделий делает процесс утепления газобетонных стен снаружи рискованным с точки зрения обеспечения требуемого температурно-влажностного режима наружных ограждений [5–8], даже несмотря на то, что значительная часть влаги может удаляться посредством систем вентиляции и кондиционирования [9].

Следует отметить, что требования к уровню теплоизоляции (в Российской Федерации принят термин: «тепловой защиты») наружных стен в скандинавских странах существенно выше, чем в России, несмотря на сопоставимые характеристики климата в отопительный период эксплуатации [4]. По это причине в нашей стране до сих пор имеет место строительство стен из газобетонных блоков без дополнительного утепления. Однако, подробный анализ того, насколько это оправданно, не производился.

Существует довольно большое разнообразие различных стереотипов о материале, которые также требуют своей объективной оценки.

Свойства стеновых изделий из автоклавного газобетона в настоящее время достаточно хорошо изучены [10–27]. Это позволяет объективно оценить его конкурентные преимущества и недостатки.

В рамках настоящего обзора проведена оценка положительных и отрицательных потребительских качеств материала и изделий, а также анализ нормативной документации и распространенных в практике строительства технических решений, на основании которых даны рекомендации по области применения газобетонных блоков в строительстве зданий на территории Российской Федерации.

2. Основные положительные потребительские свойства и конкурентные преимущества

Преимущества изделий стеновых неармированных из ячеистого бетона автоклавного твердения (именно так следует правильно указывать наименование данного типа изделий) хорошо известны. Однако из их числа есть такие, которые следует выделить особым образом.

2.1 Доступность сырьевых компонентов

Газобетонные блоки изготавливаются из доступных в России сырьевых компонентов: песка, извести, цемента, воды, гипса, алюминиевой пудры или пасты. К импортным материалам, которые могут понадобиться при производстве изделий, следует отнести запчасти к основному выпускающему оборудованию, которое на российский рынок в подавляющем большинстве случаев поставляют европейские или китайские компании. В этой связи заводам-производителям периодически требуется замена или ремонт запчастей, которые приходится закупать за границей. Однако, большинство современных заводов имеет сравнительно недавнюю историю (не более 10 лет на рынке), а выпускающее изделия оборудование характеризуется высокой степенью надежности, что обуславливает сравнительно небольшие затраты на эксплуатацию при замене или ремонте тех или иных его частей.

2.2 Низкая пожарная опасность и высокая огнестойкость

Газобетонные блоки имеют группу горючести НГ по ГОСТ 30244 [28], класс пожарной опасности КМ0 согласно ФЗ-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [29], класс А1 согласно европейскому стандарту EN 13501-1 [30]. Стеновые конструкции обладают высокими пределами огнестойкости и классом пожарной опасности согласно ГОСТ 30403 [31], поэтому практически не требуют применения средств огнезащиты для достижения нормируемых характеристик здания [32–34]. Данное обстоятельство обусловливает достаточно комфортные барьеры со стороны служб, осуществляющих пожарный надзор строящихся зданий.

2.3 Точность изделий

Подавляющее большинство современных производителей выпускают изделия на импортных линиях, которые обеспечивают выпуск изделий с высокой точностью. Большинство из них выпускают изделия так называемой I категории, с допусками:

– по высоте: ± 1 мм;

– по ширине: ± 2 мм;
– по длине: ± 3 мм.

Точность изделий позволяет выполнять кладку не только на цементно-песчаном растворе (с толщиной швов 6–10 мм), но и на специальных цементных клеях (с толщиной шва 2–4 мм), а для ненесущих стен, в том числе, с использованием в качестве скрепляющих блоки составов полиуретановых клеев [35, 36], что обеспечивает более высокую теплотехническую однородность стеновых конструкций. Аналогичной возможностью применения специальных полиуретановых клеев обладает и крупноформатная керамика, но в практике строительства зданий из керамических блоков полиуретановые клеи практически не применяются. Для выполнения кладки на специальных клеях изделия требуют дополнительной шлифовки, что увеличивает как время их производства, так и цену изделий. По этой причине очень небольшое количество заводов-производителей крупноформатной керамики производит процедуру шлифовки изделий.

2.4 Технологичность кладки и высокая производительность работ

Изделия имеют сравнительно небольшую плотность (в сухом состоянии от 400 до 600 кг/м^3), изделия легко пилятся, штробятся, сверлятся. В настоящее время практически все производители предлагают специальные приспособления (штроборезы, каретки, угольники, рубанки, пилы ручные) для того, чтобы облегчить работу каменщиков. В совокупности набор этих инструментариев обусловливает высокую технологичность и производительность работ. Один блок размером 625×375×250 мм (Д×Ш×В) по объему заменяет примерно 30 кирпичей стандартного размера 250×120×65 мм. Каменщику при выполнении работ приходится выполнять меньше операций на подходы к поддону, подъем изделий, укладку, выравнивание, подбивание, нанесение строительного раствора. Ввиду всех перечисленных выше обстоятельств производительность работ при выполнении кладки из газобетонных блоков оказывает существенно выше по сравнению с кладкой из кирпича. Среди керамических изделий существуют крупноформатные камни, например, камни 14,9 НФ размером 260×510×219 мм (Д×Ш×Т), но допуски по геометрии таких изделий и их вес оказываются больше. Кроме того, многие технологические операции при кладке стен оказываются более продолжительными, а отрезание изделий и прорезание штроб и отверстий в стенах приходится выполнять с использованием специального электроинструмента.

2.5 Низкая стоимость изделий

Доступность сырьевых компонентов, а также сравнительно небольшие затраты энергоресурсов на производство газобетонных блоков по сравнению с керамическими изделиями, делает их производство менее дорогостоящим, а себестоимость изделий – более низкой. Как известно, при прочих равных условиях определяющим фактором при выборе материала для строительства дома является цена, и в этом отношении стеновые изделий из автоклавного газобетона марок по плотности D400–D600 имеют существенные преимущества по сравнению с силикатными изделиями и стеновыми изделиями из керамики (кирпич, крупноформатные камни).

Следует, однако, отметить, что далеко не всегда низкая стоимость изделий определяет более низкие затраты на строительство, но об этом будет речь пойдет уже в следующем разделе, в котором покажем ограничения областей применения изделий стеновых из автоклавного газобетона.

3. Основные отрицательные потребительские свойства и ограничения

Как и любой другой тип строительных изделий, газобетонные блоки имеют свои ограничения по области их применения. Эти ограничения нельзя в полной мере назвать недостатками. Действительно, если продолжить сравнение газобетонных блоков с кирпичными изделиями, то следует указать на то, что прочность газобетона окажется существенно ниже керамического или силикатного кирпича. Но в этом случае не следует из него возводить несущие или самонесущие стены той же высотности и этажности, что и из силикатного кирпича, например, марки М200. Однако если требуется построить трехэтажное здание с несущими стенами, то стеновые изделия из автоклавного газобетона вполне могут быть использованы в данном случае при соответствующем расчетном обосновании по прочности и устойчивости.

В то же время, если речь идет об условиях крепления внутренних и наружных каменных слоев многослойных стен или крепления слоя теплоизоляции к основанию, то более плотные материалы, безусловно, обеспечат более надежные условия крепления и это обстоятельство будет объективно отражать конкурентные преимущества более плотных, по сравнению с изделиями из автоклавного газобетона, каменных или бетонных строительных изделий.

Достаточно широко и подробно ограничения по области применения изделий из автоклавного газобетона рассмотрены в работах [1, 37].

3.1 Влажностный режим стеновых конструкций

В Интернете, при обсуждении негативных качеств газобетонных изделий, распространены следующие убеждения:

1. газобетон «боится» воды (гидрофилен),
2. газобетон «сосет» воду из воздуха (гигроскопичен).

Действительно, если блоки поместить в воду, то влага с течением времени заполнит собой все или практически все воздушные полости, коих может быть до 90 % по объему изделий [38]. Фактическая влажность изделий по массе может достигать 100 %. Это означает, что, например, для изделий марки по плотности D 500 (со средней плотностью порядка 500 кг/м^3) фактическая плотность изделий повысится до 1000 кг/м^3.

По этой причине блоки не рекомендуется применять во влажных и мокрых помещениях. Повышенная влажность изделий отрицательно скажется как на их теплофизических характеристиках (теплопроводности), так и механических (прочности). Уменьшится также и их долговечность. Последнее обстоятельство обусловлено тем, что, начиная с некоторой критической влажности изделий, при которой будет происходить заполнение водой не только мелких капилляров, но и крупных пустот, последующее замораживание изделий будет приводить к появлению многочисленных трещин, выбоин, сколов и, в конечном итоге, к расслоению изделий на отдельные фрагменты. В этом убеждают не только исследования отдельных авторов [39–42], но и результаты натурных обследований объектов, в помещениях которых в течение длительного срока наблюдается высокая влажность внутреннего воздуха и отсутствует защита внутренних поверхностей стен из газобетонных изделий. В основном такие разрушения наблюдались на производственных объектах, а также на объектах некоторых животноводческих хозяйств с повышенной влажностью.

Справедливости ради следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев изделия из газобетонных блоков применяются в помещениях с сухим и нормальным режимом эксплуатации помещений (большинство помещений жилых зданий и зданий общественного назначения) и описанные выше явления, связанные с переувлажнением в процессе эксплуатации стеновых конструкций, выполненных кладкой из газобетонных блоков, крайне редки. Для жилых и общественных зданий с сухим и нормальным режимами эксплуатации помещений переувлажнение отдельных участков стен может происходить в результате замачивания стен снаружи, например, при ненадлежащем водоотводе с кровли, повреждении водосточных труб, воронок, карнизов, нарушении гидроизоляции в местах сопряжения покрытий со стенами, а также на парапетах. В этом случае также может наблюдаться локальное повреждение переувлажненных участков стен.

Еще одной потенциальной причиной для возникновения условий по переувлажнению стеновых конструкций в нижней части стен является отсутствие цоколя требуемой высоты, выполненного из бетона или полнотелого керамического кирпича. Именно по этой причине производители в альбомах технических решений [43] рекомендуют первый ряд кладки из газобетонных блоков начинать с уровня 500 мм выше уровня земли. При невыполнении данного условия в периоды оттепелей неубранный с отмостки снег может приводить к переувлажнению блоков нижнего ряда кладки. Кроме того, высокий цоколь уменьшает риск попадания грунтовой воды по капиллярам материалов, из которых выполнен цоколь здания.

Для предохранения стеновых конструкций от грунтовой влаги в них устаивают гидроизоляционные слои, препятствующие доступу влаги из грунта в конструкции. Способы устройства гидроизоляционных слоев подробно изложены в справочной литературе [44–46].

На одном из строящихся в зимнее время объектов снег через незаполненные оконные проемы попадал в помещения, оттаивал, стекал под уложенный на полу утеплитель (экструдированный пенополистирол), увлажняя постепенно нижний ряд блоков, а при повторном появлении заморозков приводил к разрушению нижнего ряда кладки примерно на 1/3 ее толщины.

По этой причине при проектировании наружных стен зданий из газобетонных блоков следует применять их для помещений с сухим (с влажностью внутреннего воздуха до 50 %) и нормальным (с влажностью воздуха свыше 50 до 60 %) режимами эксплуатации (в интервале температур 12–24 ºС) [47]; при строительстве – четко соблюдать все требования проектной документации, дабы предотвратить все пути возможного замачивания изделий в процессе эксплуатации; при эксплуатации – следить за техническим состоянием элементов зданий, предназначенных для удаления влаги с крыши, а также для защиты строительных конструкций от увлажнения.

Если материал находится в правильных условиях эксплуатации и не происходит его переувлажнения в результате допущенных при строительстве или эксплуатации ошибок или нарушений, то следует признать, что боязнь того, что газобетон «боится» влаги или что он «сосет» влагу изнутри сильно преувеличена. Если в помещениях наблюдается сухой и нормальный режим эксплуатации и произведена отделка стен изнутри (стены оштукатурены, на них наклеены обои), то критического увлажнения стен, как правило, не происходит. К тому же большинство современных обоев имеет одно или несколько полимерных покрытий, которые в совокупности с клеем для обоев создают достаточно эффективный пароизоляционный барьер, который в значительной степени ограничивает поток водяного пара через стеновое ограждение изнутри, образующийся в результате установления в зимний период эксплуатации разности парциальных давлений водяного пара изнутри и снаружи стеновых конструкций.

На одном из объектов с наружными стенами из газобетонных блоков, строительство которого продолжалось вплоть до конца осени, при включении в здании отопления наблюдалось интенсивное появление влаги (протечки) из систем вентиляции. Появление протечек было обусловлено тем, что при включении системы отопления происходило интенсивное осушение наружных и внутренних стен. В помещениях наблюдалась очень высокая влажность внутреннего воздуха (более 70 %). Влажный воздух из помещений поступал в систему вентиляции, где в зоне расположения холодного чердака конденсировался с появлением большого количества воды, которая стекала по стенкам вентиляционных каналов обратно в помещения. В той или иной степени, этот процесс продолжался в течение нескольких недель и мог увеличиться, если в помещениях еще продолжали производиться какие-либо мокрые технологические процессы. При этом при осмотре здания со стороны улицы на наружной штукатурке местами наблюдались мокрые пятна и высолы.

3.2 Перетопы в первые годы эксплуатации

Другой важной проблемой, связанной с высокой влажностью изделий из автоклавного газобетона, является ухудшение их теплотехнических характеристик. Известно, что теплопроводность любых материалов зависит от степени их увлажнения. Замещение воздуха в порах и капиллярах материала водой приводит к ухудшению его теплоизоляционных характеристик (увеличению теплопроводности).

Когда проектируется новое здание, инженер определяет, в том числе, расчетное (проектное) энергопотребление и мощность системы отопления. В этом случае он пользуется расчетными теплотехническими характеристиками применяемых при проектировании (а впоследствии, и при строительстве) строительных материалов и изделий. Основным теплотехническим показателем строительных материалов и изделий является теплопроводность. Как было показано выше, в сухом состоянии теплопроводность может иметь одни значения, а во влажном – другие (более высокие). Поэтому существует теплопроводность в сухом состоянии (при нулевой влажности) и расчетная (эксплуатационная) теплопроводность, которая учитывает некоторую, отличную от нуля, влажность изделий. В нашей стране в соответствии с действующими нормами по тепловой защите теплопроводность определяется для некоторых условий эксплуатации, условно разделенных на 2 класса – условия эксплуатации «А» и условия эксплуатации «Б». Более подробно по этой теме можно ознакомиться в работе [48].

Ввиду того, что влажность большинства эксплуатируемых в наружных ограждениях материалов и изделий отличается от нулевой, расчетная теплопроводность изделий несколько отличается от теплопроводности в сухом состоянии и, чем влажность изделий выше, тем расчетная теплопроводность окажется выше теплопроводности того же материала или изделия в сухом состоянии.

От величины расчетной теплопроводности материалов и изделий, которые применяются в составе наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий, чердачных перекрытий, перекрытий над подвалами и т.д.) зависят проектные значения мощности системы отопления и энергопотребления объекта в отопительный период. Соответственно, если расчетные характеристики изделий будут приняты неправильно, столь же неправильно будет запроектирована и система отопления.

При эксплуатации построенных зданий часто оказывается, что фактическое энергопотребление зданий, выполненных кладкой из газобетонных блоков с последующим оштукатуриванием стен или облицовкой их кирпичом выше расчетного (проектного).

При анализе нормативных документов оказывается, что в различных стандартах для изделий из автоклавного газобетона указываются различные расчетные значения теплопроводности (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительные показатели теплопроводности и эксплуатационной влажности изделий из автоклавного газобетона марок D 400 и D 600 согласно ГОСТ 31359 [49] и СП 50.13330 [47]

Теплотехнический показатель	ГОСТ 31359		СП 50.13330	
	D 400	D 600	D 400	D 600
Теплопроводность в сухом состоянии, λ_0 [Вт/(м·K)]	0,096	0,140	0,110	0,140
Массовое отношение влаги в материале, для условий эксплуатации А, ω_A, %	4	4	8	8
Расчетное значение теплопроводности для условий эксплуатации А, λ_A [Вт/(м·K)]	0,113	0,117	0,140	0,220
Массовое отношение влаги в материале, для	5	5	12	12

условий эксплуатации А, $\omega_Б$, %				
Расчетное значение теплопроводности для условий эксплуатации Б, $\lambda_Б$ [Вт/(м·K)]	0,160	0,183	0,150	0,260

Из таблицы 1 следует, что в СП 50.13330 [47] для газобетона марок D 400 и D 600 массовое отношение влаги в материале отличается от аналогичного показателя, принятого в ГОСТ 31359 [49]. Если в СП 50.13330 [47] массовое отношение влаги в материале для условий эксплуатации А принимается равным 8 % а для условий эксплуатации Б – 12 %, то в ГОСТ 31359 [49], разработанном при участии заводов-производителей [1], массовое отношение влаги принимается равным 4 % для условий эксплуатации А и 5 % для условий эксплуатации Б. Соответственно, с учетом меньшего расчетного значения массового отношения влаги в материале, расчетные значения теплопроводности для изделий из автоклавного газобетона по ГОСТ 31359 [49] оказываются ниже, чем по СП 50.13330 [47]. Таким вот образом расчетные значения теплопроводности по ГОСТ 31359 [49] создают дополнительные конкурентные преимущества, так как чем меньше теплопроводность, тем меньшая толщина материала требуется для обеспечения требуемого сопротивления теплопередаче стеновой конструкции. Следовательно, у газобетона возникают экономические преимущества по сравнению с другими типами стеновых каменных материалов, для которых в Своде Правил и соответствующих ГОСТ или ТУ аналогичных расхождений не наблюдается.

Известно, что со склада завода-изготовителя на строительную площадку изделия поступают с влажностью (по массе) от 35 до 43 %. Не 8 %, не 12 %, и даже не 4 или 5 %, а около 40 %.

В процессе производства, после автоклавной обработки, влажность изделий может быть и выше. Однако по мере следования к упаковочной линии влажность изделий незначительно уменьшается. На упаковочной линии изделия сверху и с боковых сторон закрываются в полиэтиленовую пленку и поступают на открытый склад готовой продукции. На складской площадке поддоны устанавливаются в ряды, обычно в два или три уровня по высоте, и хранятся подобным образом от нескольких часов (в период сезонного спроса) до нескольких месяцев (в периоды отсутствия значительного спроса). Упакованные в пленку изделия могут немного подсохнуть, но в подавляющем большинстве случаев влажность их не падает ниже 35 %. И с такой влажностью изделия поступают на строительные объекты.

Как можно видеть из таблицы 1, реальная влажность изделий из газобетона оказывается выше и той которая обозначена в ГОСТ 31359 [49, табл. 1], и той, которая регламентирована в СП 50.13330 [47, Приложение Т]. Соответственно, и расчетные значения теплопроводности для изделий окажутся выше, а это уже будет означать, что при заданной разности температур снаружи и изнутри стеновой конструкции выше окажутся и потери теплоты через стены. Поэтому в первые годы эксплуатации в домах, построенных из газобетонных блоков, наблюдается значительный перетоп. При перетопе тратятся дополнительные энергетические ресурсы, а, следовательно, возрастают эксплуатационные расходы на отопление таких зданий. По сути дополнительные затраты теплоты уходят на то, чтобы убрать лишнюю влагу из стен.

По истечении некоторого периода времени влажность изделий устанавливается в пределах 5–18 % (здесь, кстати, возникает вопрос, куда вся эта лишняя влага будет направляться, и что при этом будет происходить с отделочными слоями). Этот период может длиться один отопительный сезон, а может растянуться на годы. Скорость высыхания газобетонных изделий в кладке будет зависеть, с одной стороны, от условий и режимов эксплуатации, и от характеристик отделочных слоев, с другой стороны [50]. Чем выше окажется сопротивление паропроницанию наружного отделочного слоя, тем более длительное время будет происходить высыхание газобетона в кладке. Применение плотных паронепроницаемых штукатурок способствует накоплению влаги в стенах и, как следствие, к их преждевременному разрушению, а также появлению плесневых грибов [51].

При этом наружная отделка стен из газобетонных блоков является обязательной, так как при отсутствии наружной отделки стены, выполненные кладкой из газобетонных блоков, обладают высокой сквозной воздухопроницаемостью, что приводит к дополнительным, так называемым инфильтрационным потерям теплоты в отопительный период года. Особенно заметными инфильтрационные потери теплоты оказываются в ограждающих конструкциях, выполненных из пазогребневых блоков с незаполненными вертикальными швами кладки. Лабораторные теплофизические испытания фрагментов кладки из газобетонных блоков с системой паз-гребень [52], проведенные в климатической камере, показали, что при отсутствии вертикальных швов кладки температуры, близкие к точке росы, в незаполненных швах кладки наблюдаются уже на расстоянии 75 мм от ее внутренней поверхности. Исходя из результатов проведенного исследования [52] сделан следующий основной вывод: отрицательные температуры в вертикальном шве паз-гребень без клея могут привести к конденсации водяных паров и, как следствие, к увеличению влажности газобетона, что в холодный период года может вызвать промерзание стены.

Следует отметить, что штукатурные слои рекомендуется наносить после затухания процесса усадки стен, который может длиться 0,5–1 года [51]. Это сдерживает сдачу объектов в эксплуатацию и может привести к переувлажнению стен от атмосферных осадков.

В процессе хранения изделий на строительной площадке, а также при строительстве зданий, газобетонные изделия могут как подсохнуть, так и набрать некоторое дополнительное количество влаги, например, при воздействии косых дождей или замачивании кладки при производстве мокрых технологических процессов. В любом случае из-за повышенного содержания влаги в материале в первые годы эксплуатации будет наблюдаться перетоп, и он будет тем более значительным, чем больше влаги содержится в порах материала.

В дополнение к сказанному стоит отметить, что в Советском Союзе отпускная влажность ячеистобетонных изделий (блоков), изготовленных на основе песка, не должна была превышать 25 %. Именно такое значение отпускной влажности было регламентировано для ячеистобетонных изделий (газо-пено- и газопенобетонов) в ГОСТ 21520 [53, п. 1.2.1.6]. Однако, когда в нашей стране стали массово открываться современные заводы по выпуску стеновых изделий из автоклавного газобетона, оказалось, что иностранные линии, выпускающие изделия по литьевой технологии не могут выпускать изделия с такой отпускной влажностью. Именно тогда производителям и пришла идея вообще отказаться от ограничения отпускной влажности. В этой связи появился новый стандарт – ГОСТ 31360 [54], который заменил ГОСТ 21520 [53] в части изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения. При этом ГОСТ 21520 [53] остался действующим для аналогичных изделий, но не прошедших автоклавную обработку. Хотя по сути, это материалы одного класса и назначения, и по мере эксплуатации их расчетные теплотехнические показатели при одинаковом значении марки по плотности должны оказаться одинаковыми, так как у них близкие значения плотности, теплопроводности в сухом состоянии и паропроницаемости.

Это обстоятельство, безусловно, способствовало развитию автоклавных изделий. При этом заводы по выпуску неавтоклавных ячеистобетонных изделий практически полностью прекратили свое существование.

3.3 Неопределенная теплопроводность в сухом состоянии

Из данных, представленных в таблице 1, то можно видеть, что для изделий марки по плотности D400 даже в сухом состоянии значения теплопроводности в ГОСТ 31359 [49] и СП 50.13330 [47] имеют некоторое численное расхождение.

Дело в том, что в ГОСТ [49] теплопроводность принята в полном соответствии с табличными значениями европейского стандарта EN 1745 [55].

Сам по себе факт подобного копирования данных не является запрещенным. Однако в международных стандартах принята несколько иная трактовка заявленного и расчетного значений теплопроводности. Заявленное значение устанавливается заводом-изготовителем, а расчетное (проектное) значение определяется в соответствии с требованиями стандарта ISO 10456 [56] путем умножения заявленных значений на коэффициенты корреляции по влажности, температуре и старению материала соответствующего слоя ограждающей конструкции. Для заявленных значений приводятся также справочные данные. В стандарте EN 1745 [55] для них существуют 2 градации: с квантилями распределений P=50 и P=90.

При этом, согласно требованиям стандарта ISO 10456 [56] в качестве заявленных (заводом-изготовителем) значений следует принимать значения с квантилью P=90. Значения с квантилью P=90 больше значений с квантилью P=50 [1]. А это, безусловно, будет отрицательно сказываться на расчетном значении термического сопротивления слоя кладки (чем выше теплопроводность, тем ниже термическое сопротивление). Если сравнить численные значения теплопроводности изделий из автоклавного газобетона согласно таблицы 1 ГОСТ 31359 [49] и табличные значения теплопроводности согласно стандарта EN 1745 [52] при квантили P=50, то можно наблюдать практически полное соответствие.

Единственное расхождение наблюдается для изделий марки по плотности D600. Объяснение этому расхождению находится исходя из того обстоятельства, что именно для этой марки изделий в СП 50.13330 [47] (а ранее в СП 23-101-2004) значение теплопроводности в сухом состоянии (0,14 Вт/(м·К)) оказывается меньше, чем принятое в стандарте EN 1745 [55] (0,15 Вт/(м·К)) даже с квантилью P=50. Таким образом, при разработке ГОСТ 31359 [49] были приняты наименьшие из всех возможных значений теплопроводности.

При объективном отношении к проведению испытаний, теплопроводность изделий в сухом состоянии может оказаться выше значений, указанных в ГОСТ 31359 [49]. Большинство производителей стараются для заданной марки изделий, например, марки изделий D400 сделать образцы как можно более плотными, чтобы можно было обеспечить требуемый класс изделий по прочности. Однако при этом ухудшаются теплотехнические характеристики изделий, так как чем выше плотность изделий, тем более высокой оказывается их теплопроводность. В этих условиях теплопроводность изделий в сухом состоянии может оказаться выше той, которая указана в ГОСТ [49]. В результате, производители обращаются в разные лаборатории пока не получают требуемого результата.

На этом основании можно сделать один единственный вывод. Значениями теплопроводности, представленными в ГОСТ 31359 [49], пользоваться при проектировании нельзя. Они требуют тщательной проверки и корректировки. До проведения подобных исследований следует руководствоваться расчетными значениями теплопроводностей, представленными в справочном Приложении Т СП 50.13330 [47].

Рассмотренное выше ограничение нельзя отнести непосредственно к изделиям, а скорее к стандартам, по которым производится выпуск стеновых изделий, но и пренебрегать данным расхождением тоже нельзя, так как от теплопроводности основного слоя стены зависят ее теплозащитные функции, потери тепловой энергии, мощность систем отопления, компенсирующих эти потери, и главное, параметры микроклимата в отопительный период эксплуатации зданий.

3.4 Теплотехническая однородность стен

Производители часто заявляют о высокой теплотехнической однородности кладок из газобетонных блоков. Действительно, геометрия блоков, произведенных на современных линиях, позволила выполнять кладку из блоков не на цементно-песчаном растворе (далее – ЦПР), а на специальных клеевых цементных составах, при использовании которых толщина швов оказывается не 6–10 мм (как при использовании ЦПР), а 2–3 мм. Это обстоятельство, безусловно, положительно сказывается на уменьшении потерь теплоты через сквозные и несквозные теплопроводные включения. Однако, в кладке стен из блоков к теплопроводным включениям следует относить не только швы кладки.

Если детально проанализировать конструктивные решения, то к теплопроводным включениям следует отнести примыкания поперечных внутренних стен и колонн к наружным стенам, дверные и оконные перемычки армированные пояса, места примыкания дисков плит перекрытий к наружным ненесущим стенам, места опирания железобетонных плит на наружные несущие стены, места сопряжения цоколя к стенам, гибкие и жесткие связи, анкера для крепления слоя теплоизоляции и т.д. Наличие теплотехнических неоднородностей в стенах из газобетонных блоков значительно ухудшает их фактическое сопротивление теплопередаче [57–61].

Расчеты, выполненные для одного промежуточного этажа монолитно-каркасного здания, наружные ограждения которого заполнены кладкой из газобетонных блоков толщиной 375 мм и лицевого кирпича толщиной 120 мм, показывают, что коэффициент теплотехнической однородности оказывается не больше 0,61, а приведенное сопротивление теплопередаче оказывается меньше не только базового значения по таблице 3 СП 50.13330 [47], но и нормируемого значения, установленного по формуле (1) СП 50.13330 с понижающим коэффициентом 0,63. При условном сопротивлении теплопередаче стеновой конструкции, выполненной кладкой из газобетонных блоков марки по плотности D400 толщиной 375 мм с лицевым слоем из облицовочного кирпича толщиной 120 мм, равном 2,99 $м^2·K/Вт$, приведенное сопротивление теплопередаче оказывается равным 1,81 $м^2·K/Вт$ [62], что для климатических условий Москвы и Санкт-Петербурга меньше как требуемого значения сопротивления теплопередаче (3,08 $м^2·K/Вт$), так и минимально-допустимого (3,08·0,63=1,94 $м^2·K/Вт$). Аналогичные несоответствия выявлены авторами работы [63].

Предварительные расчеты показывают, что при толщине блоков 375 мм наружные стены жилых зданий без дополнительного утепления с коэффициентом теплотехнической однородности 0,61 удовлетворяют минимально-допустимым значениям сопротивлений теплопередаче только для районов с ГСОП < 4200 °С·сут/год (для которых базовое значение требуемого приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен жилых зданий составляет 2,87 $м^2·K/Вт$, а нормируемое: 0,63·2,87=1,81 $м^2·K/Вт$).

На одном из строящихся при участии Проекта ПРООН-ГЭФ «Энергоэффективность на Северо-Западе России» объектов жилищного строительства, в кладке были использованы стеновые изделия (блоки) из автоклавного газобетона. Когда кладка стен была закончена, было принято решение дополнительно утеплить наружные стены. И не столько для того, чтобы повысить сопротивление теплопередаче наружных стен, сколько для того, чтобы закрыть многочисленные теплопроводные включения (рис. 1–5).

Рисунок 1. Теплопроводные включения в оболочке строящегося жилого дома: 1 – сопряжение балконной плиты с наружной стеной; 2 – сопряжение междуэтажного перекрытия с наружной стеной; 3 – оконная перемычка; 4 – сопряжение наружной стены с цоколем

Рисунок 2. Сопряжение балконной плиты с наружной стеной

Рисунок 3. Сопряжение междуэтажных перекрытий с наружной стеной

Рисунок 4. Оконная перемычка

Рисунок 5. Сопряжение наружной стены с цоколем

На некоторых объектах наружные стены из газобетона могут пересекать поперечные железобетонные стены или железобетонные колонны.

Ухудшение теплозащитных свойств стеновых конструкций в виде кладки газобетонных блоков выявлено и в эксплуатируемых зданиях [59]. В обследованных зданиях все наружные стены выполнены с наружной облицовкой кирпичной кладкой, без дополнительного слоя эффективной теплоизоляции. Анализ результатов показал, что более половины обследованных конструкций (62 %) имеют дефекты, что указывает на их массовость. Все дефекты являются трудно устранимыми и требуют демонтажа строительных конструкций. Подавляющее большинство дефектов (90 %) отмечается в узлах примыкания оконных блоков к стеновым проемам, что объясняется несоответствием оконных блоков нормативным требованиям по теплозащите, неправильной установкой оконных блоков, ненадлежащим качеством теплоизоляции монтажных швов. Дефекты в узлах сопряжения наружной стены с колонной (10 %) объясняются наличием теплопроводных включений в виде железобетонных колонн каркаса здания вследствие отклонений от проекта. Практически половина обследованных конструкций (51 %) подвержена конденсации влаги и образованию плесневых грибов при расчетных условиях. 11 % обследованных конструкций имеют сквозное промерзание в узлах.

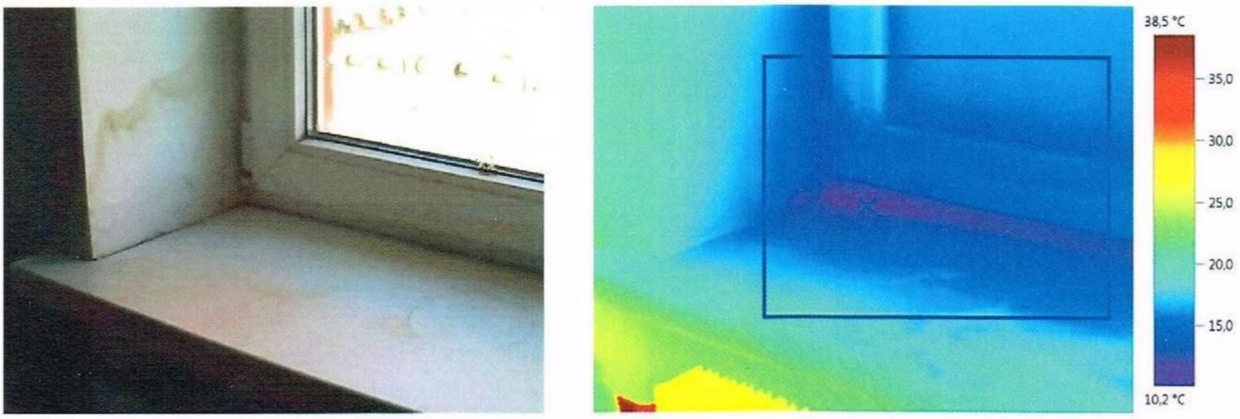

Рисунок 6. Теплотехнические дефекты в узлах примыкания оконного блока к стеновому проему

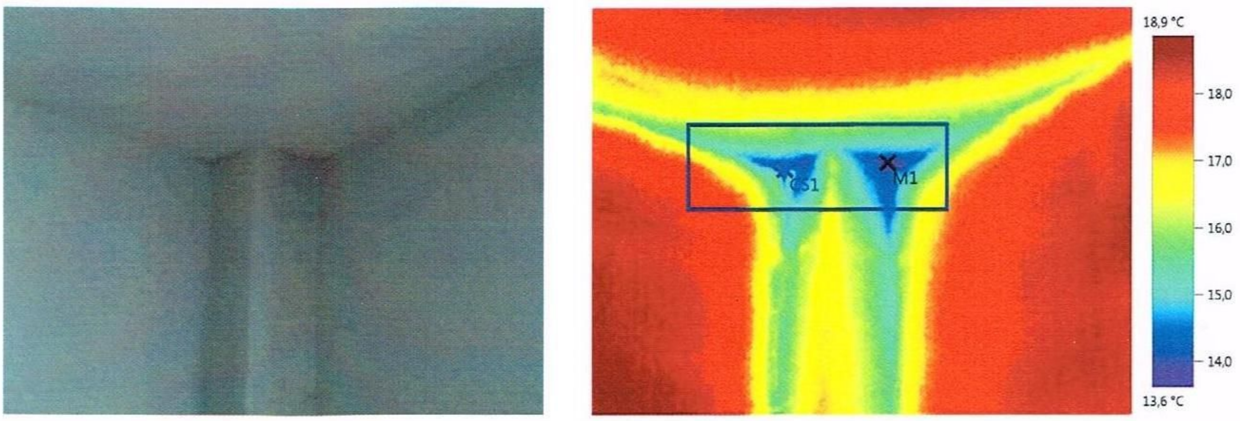

Рисунок 7. Теплотехнический дефект в узле сопряжения наружной стены с железобетонной колонной

При правильной геометрии блоков изделия оказываются достаточно хрупкими. Это означает, что при транспортировке, особенно при подъезде грузового транспорта к объекту (где дороги часто бывают разбитыми, а съезды с них – не подготовленными), в процессе разгрузки поддонов стропами, при падении блоков в процессе переноски и монтажа, многие изделия оказываются поврежденными (рис. 8, 9). Понятно, что все они идут в кладку, а трещины и выбоины заделываются кладочным раствором. Иногда кладка настолько пестрит растворными швами, что говорить о какой-либо ее однородности весьма затруднительно (рис. 10, 11). Понятно, что при наружной отделке стен все эти дефекты кладки не будут видны, но теплопроводные включения (мостики холода) при этом никуда не исчезнут. Для повышения теплотехнической однородности и общего уровня теплозащиты наружных стен из газобетонных блоков необходимо устройство сплошного наружного слоя теплоизоляции.

Сплошной наружный слой теплоизоляции, помимо прочего, увеличит долговечность внутреннего слоя стены, так как при внешнем утеплении блоки окажутся в области положительных температур. В результате, в процессе эксплуатации, они не будут испытывать циклы замораживания-оттаивания.

Рисунок 8. Повреждение блоков стропами при разгрузке поддонов

Рисунок 9. Повреждение нижних рядов изделий при нарушении условий транспортировки

Рисунок 10. Укладка поврежденных изделий в стену (узел сопряжения кладки газобетонных блоков с железобетонным каркасом)

Рисунок 11. Укладка поврежденных изделий в стену (узел сопряжения кладки газобетонных блоков с фундаментом)

Таким образом, для большинства регионов, расположенных в центральной и северной частях Российской Федерации толщины блоков 375–400 мм без дополнительного утепления оказывается недостаточно для обеспечения требуемых значений приведенного сопротивления теплопередаче.

Необходимо сказать и о специфике проектирования тепловой защиты зданий с наружными стенами из газобетонных блоков. Многочисленные обсуждения этой проблемы на последних конференциях и в научных публикациях показывают наличие важных задач, решение которых крайне необходимо в сегодняшних условиях.

Во-первых, о чем уже было сказано выше, это увеличение неравноэффективности теплозащиты элементов оболочки. Значительно возрастает влияние двух- и трехмерных элементов в конструкции, неравномерность распределения температуры на ее внутренней поверхности, снижается теплотехническая однородность ограждающих конструкций. Необходимы расчеты трехмерных температурных полей и разработка новых конструктивных решений [60].

Во-вторых, значительно увеличивается роль влажностного режима. Причем, если по глади стены распределение влажности может быть более благоприятным, чем раньше, то в краевых зонах ограждающих конструкций влажностный режим значительно ухудшается и главное в том, что существенно возрастает сложность расчета процессов совместного нестационарного влаготеплопереноса в трехмерных областях ограждающих конструкций [61].

В-третьих, кладка газобетонных блоков является воздухопроницаемой, особенно в зоне вертикальных швов. Инфильтрация наружного воздуха приводит к ухудшению теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Эксфильтрация внутреннего воздуха в стеновые конструкции также чрезвычайно опасна.

Все перечисленные выше особенности важно учитывать, как во вновь строящихся, так и в реконструируемых зданиях с наружными стенами из газобетонных блоков. Это улучшение температурно-влажностного режима наружных стен, разработка эффективных конструктивных решений узлов сопряжений ограждающих конструкций с целью выравнивания температуры на внутренней поверхности, снижение сквозной воздухопроницаемости через швы кладки, повышение комфортных условий среды в помещениях, энергосбережение и повышение энергоэффективности зданий.

3.5 Надежность крепления гибких связей

Если продолжить сравнение газобетонных блоков с керамическими и силикатными стеновыми изделиями, то следует отметить, что в части обеспечения надежности анкерных креплений и гибких связей газобетон значительно уступает керамическому и силикатному кирпичу. Усилия связей из газобетона на вырыв оказываются меньше усилий на вырыв из более плотных стеновых изделий.

Кроме того, наблюдается несовпадение горизонтальных швов внутреннего слоя из газобетона и облицовочного кирпича. Многие производители показывают в своих технических решениях совпадение, варьируя толщиной швов внутреннего и наружного слоя многослойных стен с облицовочным слоем из лицевого кирпича. Однако на строительном объекте далеко не всегда удается так же совместить швы, как это легко бывает сделать на чертеже. При этом согласно требованиям п. 9.31 СП 15.13330 [64] рекомендуется предусматривать применение облицовочного кирпича или камней, имеющих высоту, равную или кратную высоте ряда основной кладки. А согласно требованиям п. Д.8 Приложения Д СП [64] связи между внутренним и облицовочным слоем многослойных стен должны устанавливаться только под прямыми углами к поверхности стен. В случае несовпадения горизонтальных швов внутреннего и наружного слоев стеновой конструкции данное требование в построечных условиях выполнить становится невозможно. При использовании крупноформатной керамики толщина камней подбирается таким образом, чтобы швы совпадали. С учетом того, что в крупноформатной керамике толщина швов оказывается больше, чем в кладке стен из газобетонных блоков, выполнить требование СП 15.13330 [64] становится проще. Если связь выполнена под углом, то она не может обеспечить передачу усилия от облицовки основанию, что снижает эксплуатационную надежность стеновой конструкции.

Согласно требованиям п. 6.3.9 РМД 52-01 [65] гибкие металлические связи между кирпичными наружным и внутренними слоями и ячеистобетонным слоем должны выполняться из нержавеющей стали (в виде скоб, полос, планок, забивных или вклеенных нагелей, саморезов) или стеклопластика, устанавливаться в швы и забиваться (врезываться) в тело блоков в количестве не менее 3-х с площадью поперечного сечения связей не менее 0,5 см^2 на 1 м^2 стены. В практике строительства, когда кладка внутреннего и наружного каменных слоев часто осуществляется в разное время, выполнить данное условие проблематично. Поэтому чаще в швы закладывают сетки, скобы, устраивают жесткие связи, когда через каждые 500 мм по высоте в толще газобетонных стен прокладываются тычковые ряды, жестко связанные с облицовкой. Однако иногда и гибкие связи встречаются на объектах. На рисунке 12 видно, как в результате смещения каменного лицевого слоя относительно внутреннего гибкая связь оказалось вырванной из газобетонной кладки, а в месте ее установки во внутреннем слое образовалась выбоина в результате вырыва анкера.

Отдельно следует отметить, что и гибкие связи, и анкера для крепления слоя теплоизоляции являются теплопроводными включениями. В этой связи, в местах расположения связей возрастает вероятность конденсации влаги. Вокруг анкера или связи может возникнуть зона, влажность которой будет выше, чем на удалении от включения. При этом прочность газобетонных изделий, как на сжатие, так и на растяжение, зависит от их влажности. Чем выше влажность, тем ниже оказываются прочностные показатели изделий и кладки. В этой связи надежность креплений уменьшается, а вероятность их вырыва возрастает.

Рисунок 12. Выбоина в месте установки гибкой связи в слое кладки из газобетонных блоков двухслойной стеновой конструкции

3.6 Как правильно производить экономическую оценку технических решений?

Как было указано во введении, низкая стоимость изделий из автоклавного газобетона (3100–4500 рублей/м^3 применительно для северо-западных и центральных районов страны) является существенным их преимуществом по сравнению с иными стеновыми каменными материалами и изделиями. Можно уверенно утверждать, что именно экономический фактор оказался определяющим для столь впечатляющего распространения данного типа изделий в практике строительства жилых и общественных объектов на территории Российской Федерации.

Однако, при сравнительной экономической оценке того или иного технического решения обычно принимается стоимость квадратного метра стенового ограждения. Такой подход далеко не всегда оказывается справедливым.

Для более полного пояснения данного предположения рассмотрим заполнение наружных стен железобетонных монолитно-каркасных зданий газобетонными блоками толщиной 375 мм. Пусть площадь фасадов проектируемого жилого многоквартирного здания составляет 10 000 м^2. Это означает, что при высоте этажа 3 м (от уровня пола до уровня пола вышерасположенного этажа) периметр наружных стен составит примерно:

10 000 × 0,3 = 3 333 (п.м.).

Тогда при толщине блоков 375 мм, под ними окажется площадь, равная:

3 333 × 0,375 = 1 250 (м^2).

При стоимости квадратного метра жилья 80 000 руб/м^2 это будет означать потерю под блоками:

1 250 м^2 × 80 000 руб/м^2 = 100 000 000 (рублей).

И далее оказывается, что при заполнении наружных ограждений монолитно-каркасных зданий выгоднее применить каменные изделия толщиной 250 мм, и даже несмотря на последующее утепление стен, получить количественный выигрыш в полезной площади. Этот количественный выигрыш окажется еще более значительным. Если правильно посчитать транспортные расходы и погрузочно-разгрузочные затраты непосредственно на объекте.

В этой связи оказывается, что на себестоимости строительства в большей степени сказывается не низкая стоимость применяемых изделий, а неумение правильно спланировать работы и рассчитать баланс расходов на строительство и доходов с продаж.

4. Применение газобетонных изделий в странах Европы

Газобетон, как строительный материал для возведения стеновых конструкций, за последние 15 лет получил широкое распространение в России, Республике Беларусь, на Украине. Материал остается популярным, хотя и применяется не столь широко в странах Восточной Европы (Польше Чехии, Румынии и др.). В странах Западной Европы и Скандинавии его использование в настоящее время крайне незначительно.

Основные ограничения для его более широкого использования связаны с невозможностью обеспечения нормативных показателей по уровню теплоизоляции (для наружных стен) и уровню звукоизоляции (для внутренних стен и перегородок), принятых в странах Западной Европы, высокая начальная влажность и высокий вес влажных изделий. В любом случае, для северных стран Западной Европы использование газобетона в качестве конструкционного основания наружных стен требует, согласно законодательствам этих стран в области энергосбережения, дополнительного утепления стен с использованием эффективных теплоизоляционных материалов. В этом случае для обеспечения надежности крепления слоя теплоизоляции к основанию, а также крепления внутреннего (конструкционного) и наружного (облицовочного) слоев более эффективными оказываются материалы с более высокой плотностью (керамический кирпич, керамические камни, силикатный кирпич, силикатные и бетонные блоки и пр.). Использование в качестве основания более плотных материалов позволяет обеспечить более высокую надежность анкерных креплений и, как следствие, более высокую долговечность наружных стен. Незначительная начальная влажность керамических изделий и более низкая начальная влажность силикатных стеновых изделий (кирпич, крупноформатные камни) предупреждает возможность перетопов в первые годы эксплуатации зданий и повышает стойкость фасадной отделки.

5. Заключение

Газобетон, как материал, применяемый для кладки наружных и внутренних стен зданий, имеет неоспоримые достоинства, среди которых необходимо особо выделить следующие:

- газобетон относится к группе негорючих строительных материалов;
- изделия имеют высокую точность габаритных размеров;
- изделия технологичны при строительстве (изделия легко пилятся, штробятся, режутся, сверлятся);

- по сравнению с другими типами каменных материалов (керамические камни, керамический и силикатный кирпич, керамзитобетонные блоки) кладка стен из газобетонных блоков характеризуется повышенной производительностью в связи с незначительной плотностью и большим объемом блоков.

Однако материал обладает и рядом ограничений в применении, которые следует учитывать при проектировании и строительстве стеновых конструкций с использованием изделий из автоклавного газобетона (блоков). К таковым следует отнести:

- наличие критической влажности, при достижении которой и последующем замораживании кладки может происходить ее постепенное повреждение вплоть до полного разрушения;
- высокая начальная влажность изделий, из-за которой в зданиях, построенных из газобетонных блоков, в первые годы эксплуатации может наблюдаться значительный перетоп;
- низкая теплотехническая однородность стеновых конструкций, обусловленная наличием большого количества теплопроводных включений в составе наружных стен, выполненных кладкой из газобетонных блоков без дополнительного утепления;
- изделия достаточно хрупкие, поэтому при падении, а также при транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах могут раскалываться на части, на изделиях могут появляться трещины, выбоины и сколы, которые при монтаже, как правило, замазываются строительным раствором, что в еще большей степени понижает теплотехническую однородность стен;
- ввиду низкой теплотехнической однородности стен в виде кладки из газобетонных блоков для климатических районов с ГСОП ≥ 4200 °С·сут/год толщина блоков 375–400 мм без дополнительного утепления оказывается недостаточной для обеспечения требуемых значений приведенного сопротивления теплопередаче;
- кладка стен из газобетонных блоков, особенно при эксплуатации зданий без наружной отделки, а также при незаполненных раствором вертикальных пазогребневых швах, характеризуется высокой воздухопроницаемостью, что повышает расход тепловой энергии при эксплуатации в отопительные периоды;
- при учете стоимости полезной площади, которая при заполнении блоками на толщину 375–400 мм наружных ограждений каркасно-монолитных зданий, относительно низкая стоимость изделий далеко не всегда оказывается экономически обоснованной в многоэтажном строительстве.

Распространенные стереотипы о том, что газобетон «боится» воды или о том, что он «сосет» влагу из воздуха, следует охарактеризовать не более чем мифы. Однако при кладке наружных стен из блоков следует избегать условий, при которых существует риск полного или частичного увлажнения стеновых конструкций, особенно опасное при достижении газобетоном критического значения влажности, при котором происходит заполнение водой не только капилляров, но и резервных пор.

Рекомендации по применению

Не рекомендуется использование изделий из автоклавного газобетона в помещениях с влажным (с влажностью внутреннего воздуха свыше 60 до 75 %) и мокрым (с влажностью внутреннего воздуха свыше 75 %) режимами эксплуатации.

Не рекомендуется использование газобетонных блоков без дополнительного утепления в климатических районах с ГСОП ≥ 4200 °С·сут/год.

При соответствующем теплотехническом и прочностном обосновании допускается применение изделий толщиной 300-400 мм без дополнительного утепления для районов с ГСОП < 4200 °С·сут/год. Коэффициент теплотехнической однородности наружных стен, выполненных кладкой из газобетонных блоков на цементных составах без дополнительного утепления, без соответствующего теплотехнического обоснования следует принимать не выше 0,65.

Не рекомендуется при определении расчетных теплотехнических показателей ячеистых бетонов автоклавного твердения использовать данные таблиц 1 и А.1 ГОСТ 31359 [49], как недостаточно обоснованные.

Основную область применения газобетонных блоков рекомендуется сосредоточить в сегменте малоэтажного (коттеджного) строительства. При этом при возведении индивидуальных жилых домов с сезонным (летним) режимом проживания допускается возведение наружных стен из газобетонных блоков толщиной от 300 мм без дополнительного утепления. При строительстве индивидуальных малоэтажных жилых домов, предназначенных для круглогодичного проживания (в том числе в отопительные периоды), рекомендуется дополнительное утепление стен с использованием эффективных теплоизоляционных материалов (например, изделий теплоизоляционных из стеклянного или каменного волокна, пенополистирола фасадных марок и пр.). Толщину кладки из газобетонных блоков при этом следует назначать только из обеспечения требований по прочности и устойчивости.

Литература

[1]. Немова Д.В., Спиридонова Т.И., Куражова В.Г. Неизвестные свойства известного материала // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №1. С. 36–46.

[2]. Van Boggelen W., Völker K. New opportunities for autoclaved aerated concrete [Neue Chancen für Porenbeton]. Betonwerk und Fertigteil-Technik/Concrete Precasting Plant and Technology. 2004. No. 70 (3). Pp. 60–64.

[3]. Гоман М. Поробетон: руководство. Пер. с нем. под ред. Коломацкого А.С. Белгород: Изд-во ЛитКараВан, 2010. 272 с.

[4]. Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании // Инженерно-строительный журнал. 2012. №8(34). С. 4–14.

[5]. Kočí V., Maděra J., Černý R. Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life. Energy and Buildings. 2012. No. 47. Pp. 84-90.

[6]. Mendes N., Winkelmann F.C., Lamberts R., Philippi P.C. Moisture effects on conduction loads. Energy and Buildings. 2003. No. 35 (7). Pp. 631-644.

[7]. Jerman M., Černý R. Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials. Energy and Buildings. 2012. No. 53. Pp. 39-46.

[8]. Karagiozis A., Salonvaara M. Hygrothermal system-performance of a whole building. Building and Environment. 2001. No. 36 (6). Pp. 779-787.

[9]. Barrios G., Huelsz G., Rechtman R., Rojas J. Wall/roof thermal performance differences between air-conditioned and non air-conditioned rooms. Energy and Buildings. 2011. No. 43 (1). Pp. 219-223.

[10]. Narayanan N., Ramamurthy K. Structure and properties of aerated concrete: A review. Cement and Concrete Composites. 2000. No. 22 (5). Pp. 321-329.

[11]. Ozel M.Thermal performance and optimum insulation thickness of building walls with different structure materials. Applied Thermal Engineering. 2011. No. 31 (17-18). Pp. 3854-3863.

[12]. Rubene S., Vilnitis M., Noviks J. Frequency Analysis and Measurements of Moisture Content of AAC Masonry Constructions by EIS. Procedia Engineering. 2015. No. 123. Pp. 471-478.

[13]. Tanner J.E., Varela J.L., Klingner R.E., Brightman M.J., Cancino U. Seismic testing of autoclaved aerated concrete shearwalls: A comprehensive review. ACI Structural Journal. 2005. No. 102 (3). Pp. 374-382.

[14]. Fried A.N., Marrocchino E., Bradsell C., Roberts J.J. Unreinforced solid dense concrete block walls constructed using thin joint technology. Structural Engineer. 2005. No. 83 (12). Pp. 33-37.

[15]. Suhasini R. Autoclaving cement concrete: A review. International Journal of Applied Engineering Research. 2014. No. 9 (11). Pp. 1603-1617.

[16]. Schramm R. Autoclaved aerated concrete - Chronicle of a development [Porenbeton - Chronik einer entwicklung]. Betonwerk und Fertigteil-Technik/Concrete Precasting Plant and Technology, 2005. No. 71 (12). Pp. 50-55.

[17]. Jin H.-Q., Yao X.-L., Fan L.-W., Xu X., Yu Z.-T. Experimental determination and fractal modeling of the effective thermal conductivity of autoclaved aerated concrete: Effects of moisture content. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2016. No. 92. Pp. 589-602.

[18]. Ferretti D., Michelini E., Rosati G. Mechanical characterization of autoclaved aerated concrete masonry subjected to in-plane loading: Experimental investigation and FE modeling. Construction and Building Materials. 2015. No. 98. Pp. 353-365.

[19]. Pehlivanli Z.O., Uzun I., Demir I. Mechanical and microstructural features of autoclaved aerated concrete reinforced with autoclaved polypropylene, carbon, basalt and glass fiber. Construction and Building Materials. 2015. No. 96. Pp. 428-433.

[20]. Koudelka,T., Kruis J., Maděra J. Coupled shrinkage and damage analysis of autoclaved aerated concrete. Applied Mathematics and Computation. 2015. No. 267. Pp. 427-435.

[21]. Muthu Kumar E., Ramamurthy K. Effect of fineness and dosage of aluminium powder on the properties of moist-cured aerated concrete. Construction and Building Materials. 2015. No. 95. Pp. 486-496.

[22]. Penna A., Mandirola M., Rota M., Magenes G. Experimental assessment of the in-plane lateral capacity of autoclaved aerated concrete (AAC) masonry walls with flat-truss bed-joint reinforcement. Construction and Building Materials. 2015. No. 82. Pp. 155-166.

[23]. Feng C., Janssen H., Feng Y., Meng Q. Hygric properties of porous building materials: Analysis of measurement repeatability and reproducibility. Building and Environment. 2015. No. 85. Pp. 160-172.

[24]. Yao X.-L., Yi S.-Y., Fan L.-W., Xu X., Yu Z.-T., Ge J. Effective thermal conductivity of moist aerated concrete with different porosities. Zhejiang Daxue Xuebao (Gongxue Ban)/Journal of Zhejiang University (Engineering Science). 2015. No. 49 (6). Pp. 1101-1107.

[25]. Rubene S., Vilnitis M. Application of electrical impedance spectrometry for measurements of humidity distribution in aerated concrete masonry constructions. International Journal of Mechanics. 2015. No. 9. Pp. 213-219.

[26]. Campanale M., Moro L. Autoclaved aerated concrete: Experimental evaluation of its thermal properties at high temperatures. High Temperatures - High Pressures. 2015. No. 44 (5). Pp. 369-382.

[27]. Huang J., Lü H., Feng W., Chen Y., Zhou T. Coupled heat & moisture transmission characteristics of autoclaved aerated concrete block wall. Jianzhu Cailiao Xuebao/Journal of Building Materials. 2015. No. 18 (1). Pp. 88-94.

[28]. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.

[29]. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

[30]. BS EN 13501-1:2007+A1:2009 Fire classification of construction products and building elements. Classification using test data from reaction to fire tests

[31]. Еремина Т.Ю., Гравит М.В., Дмитриева Ю.Н. Средства огнезащиты строительных конструкций. Анализ общих положений российских и европейских нормативных документов // Архитектура и Строительство России. 2012. № 8.С.24 – 29.

[32]. Гравит М.В. Огнестойкость строительных конструкций в европейских и российских стандартах // Стандарты и качество. 2014. № 2. С.36 – 37.

[33]. Flassenberg-Jahrgang G. Structural fire protection with autoclaved aerated concrete [Baulicher Brandschutz mit Porenbeton]. Betonwerk und Fertigteil-Technik/Concrete Precasting Plant and Technology. 2004. No. 70 (12). Pp. 48-50.

[34]. Ghazi Wakili K., Hugi E., Karvonen L., Schnewlin P., Winnefeld F. Thermal behaviour of autoclaved aerated concrete exposed to fire. Cement and Concrete Composites. 2015. No. 62. Pp. 52-58.

[35]. Горшков А.С., Гринфельд Г.И, Мишин В.Е., Никифоров Е.С., Ватин Н.И. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеисто-бетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея // Строительные материалы. 2014. №5. С. 57–64.

[36]. Grinfeld G., Gorshkov A., Vatin N. Tests results strength and thermophysical properties of aerated concrete block wall samples with the use or polyurethane adhesive. Advanced Materials Research. 2014. № 941-944. Pp. 786-799.

[37]. Емельянов Г. О чем молчат производители газобетона? Статья на интернет-портале: http://www.wdvs.ru/statyi-gennadia-emelyanova/o-chem-molchat-prodavcy-gazobetona.html

[38]. Schober G. Poros ity in autoclaved aerated concrete (AAC): A review on pore structure, types of porosity, measurement methods and effects of porosity on properties. Cement, Wapno, Beton (SPEC.ISSUE). 2011. Pp. 39-43.

[39]. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. – М.: Стройиздат, 1986. – 176 с.

[40]. Бабков В.В., Кузнецов Д.В., Морозова Е.В., Гайсин А.М., Резвов О.А. Проблемы эксплуатационной надежности наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков и возможности их защиты от увлажнения // Штукатурные составы для наружной отделки стен из газобетона: материалы семинара / под ред. д-ра техн. наук, проф., зав каф. ТОЭС СПб ГПУ Ватина Н.И. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 56 с.

[41]. Крутилин А.Б., Рыхленок Ю. А., Лешкевич В.В. Теплофизические характеристики автоклавных ячеистых бетонов низких плотностей и их влияние на долговечность наружных стен зданий // Инженерно-строительный журнал. 2015. №2(54). С. 46–55.

[42]. Jerman M., Keppert M., Výborný J., Černý R. Hygric, thermal and durability properties of autoclaved aerated concrete. Construction and Building Materials. 2013. No. 41. Pp. 352-359.

[43]. Альбом технических решений по применению изделий из автоклавного газобетона торговая марка Н+Н в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий. Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов (издание второе, переработанное и дополненное). – Санкт-Петербург, 2014. – 156 с.

[44].Нестле Х. Справочник строителя. Строительная техника, конструкции и технологии : в 2-х томах. М.: Техносфера, 2007.

[45].Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика. М.: Техносфера, 2012.

[46].Кубал Майкл Т. Справочник строителя. Гидроизоляция зданий и конструкций. М.: Техносфера, 2012.

[47].СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.

[48].Горшков А.С., Соколов Н.А. Несоответствие российских и международных стандартов при определении расчетных значений теплопроводности строительных материалов и изделий // Инженерно-строительный журнал. 2013. №7(42). С. 7–14.

[49].ГОСТ 31359-2007 Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия.

[50].Ватин Н.И., Горшков А.С., Глумов А.В. Влияние физико-технических и геомтерических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1. С. 28–33.

[51].Орлович Р.Б., Малышко Л., Каня Т. Европейский опыт применения пенобетона в жилищном строительстве / Материалы международной научно-практической конференции «ПЕНОБЕТОН». Сборник докладов. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2007. – С. 89-98.

[52].Пинскер В.А., Вылегжанин В.П., Гринфельд Г.И. Теплофизические испытания фрагмента кладки стены из газобетонных блоков «АЭРОК СПб» марки по плотности D 400 / Ячеистые бетоны в современном строительстве. Сборник докладов. Выпуск 5. – Санкт-Петербург: НП «Межрегиональная северо-западная строительная палата», Центр ячеистых бетонов, 2008. – С. 48–51.

[53].ГОСТ 21520-89 Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Технические условия.

[54].ГОСТ 31360-2007 Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Технические условия.

[55].EN 1745:2002 «Masonry and masonry products – Methods for determining design thermal values».

[56].ISO 10456 Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values

[57].Корниенко С.В. Проблемы теплозащиты наружных стен современных зданий // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2013. № 1 (25). С. 13.

[58].Корниенко С.В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь в краевых зонах ограждающих конструкций / С. В. Корниенко ; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т. Волгоград, 2011.

[59].Корниенко С.В. Комплексная оценка энергоэффективности и тепловой защиты зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11 (26). С. 33–48.

[60].Корниенко С.В. Многофакторная оценка теплового режима в элементах оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 8 (52). С. 25–37.

[61].Корниенко С.В. Метод решения трехмерной задачи совместного нестационарного тепло- и влагопереноса для ограждающих конструкций зданий // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2006. № 2. С. 108–110.

[62].Горшков А.С., Рымкевич П.П., Ватин Н.И. О теплотехнической однородности двухслойной стеновой конструкции // Энергосбережение. 2014. №7. С. 58–63.

[63].Гагарин В.Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №5. С. 297–305.

[64].СП 15.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*. Каменные и армокаменные конструкции.

[65].РМД 52-01-2006 Санкт-Петербург. Часть 1. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Санкт-Петербурге.

The consumer properties of wall products from AAC

N.I. Vatin[1], A.S. Gorshkov, S.V. Kornienko[3], I.I. Pestryakov[4]

[1,2,4]*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia*

[3]*Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering,1 Akademicheskaya Street, 400074, Volgograd, Russia*

ARTICLE INFO	**Articlehistory**	**Keywords**
scientific article	Received 27 January 2016	building; walls; autoclaved aerated concrete; AAC blocks; thermal conductivity; thermal resistance; energy saving; energy efficiency;

ABSTRACT

The paper presents a qualitative analysis of the geometric characteristics and mechanical properties of AAC blocks, as well as thermal and economic parameters of wall structures. Both positive and negative characteristics of wall products and constructions of AAC blocks are considered. Current normative documents in RF have been analyzed. Based on the conducted analysis, the qualitative assessment of wall products and constructions is presented.

The paper provides recommendations of the AAC blocks application in residential buildings construction in Russian Federation. It is shown that in the climatic zones with heating degree-day period ≥ 4200 °C·day/year, it is inefficient to use AAC blocks for external walls without additional insulation.

Corresponding author:

1. +7(921)9643762, vatin@mail.ru (Nikolai Ivanovich Vatin, Ph.D., Professor)
2. +7(921)3884315, alsgor@yandex.ru (Alexander Sergeevich Gorshkov, Ph.D., Associate Professor)
3. +79884912459, svkorn2009@yandex.ru (Sergey Valeryevich Kornienko, Ph.D., Associate Professor
4. +79213795000, pestr47@mail.ru (Igor Ivanovich Pestryakov, Director of Test Center)

References

[1]. Nemova D.V., Spiridonova T.I., Kurazhova V.G. Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2012. №1. Pp. 36–46. (rus)

[2]. Van Boggelen W., Völker K. New opportunities for autoclaved aerated concrete [Neue Chancen für Porenbeton]. Betonwerk und Fertigteil-Technik/Concrete Precasting Plant and Technology. 2004. No. 70 (3). Pp. 60–64.

[3]. Goman M. Porobeton: rukovodstvo. Per. s nem. pod red. Kolomatskogo A.S. Belgorod: Izd-vo LitKaraVan, 2010. 272 p. (rus)

[4]. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Vliyaniye urovnya teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruktsiy na velichinu poter teplovoy energii v zdanii. Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2012. №8(34). Pp. 4–14. (rus)

[5]. Kočí V., Maděra J., Černý R. Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life. Energy and Buildings. 2012. No. 47. Pp. 84-90.

[6]. Mendes N., Winkelmann F.C., Lamberts R., Philippi P.C. Moisture effects on conduction loads. Energy and Buildings. 2003. No. 35 (7). Pp. 631-644.

[7]. Jerman M., Černý R. Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials. Energy and Buildings. 2012. No. 53. Pp. 39-46.

[8]. Karagiozis A., Salonvaara M. Hygrothermal system-performance of a whole building. Building and Environment. 2001. No. 36 (6). Pp. 779-787.

[9]. Barrios G., Huelsz G., Rechtman R., Rojas J. Wall/roof thermal performance differences between air-conditioned and non air-conditioned rooms. Energy and Buildings. 2011. No. 43 (1). Pp. 219-223.

[10]. Narayanan N., Ramamurthy K. Structure and properties of aerated concrete: A review. Cement and Concrete Composites. 2000. No. 22 (5). Pp. 321-329.

[11]. Ozel M.Thermal performance and optimum insulation thickness of building walls with different structure materials. Applied Thermal Engineering. 2011. No. 31 (17-18). Pp. 3854-3863.

[12]. Rubene S., Vilnitis M., Noviks J. Frequency Analysis and Measurements of Moisture Content of AAC Masonry Constructions by EIS. Procedia Engineering. 2015. No. 123. Pp. 471-478.

[13]. Tanner J.E., Varela J.L., Klingner R.E., Brightman M.J., Cancino U. Seismic testing of autoclaved aerated concrete shearwalls: A comprehensive review. ACI Structural Journal. 2005. No. 102 (3). Pp. 374-382.

[14]. Fried A.N., Marrocchino E., Bradsell C., Roberts J.J. Unreinforced solid dense concrete block walls constructed using thin joint technology. Structural Engineer. 2005. No. 83 (12). Pp. 33-37.

[15]. Suhasini R. Autoclaving cement concrete: A review. International Journal of Applied Engineering Research. 2014. No. 9 (11). Pp. 1603-1617.

[16]. Schramm R. Autoclaved aerated concrete - Chronicle of a development [Porenbeton - Chronik einer entwicklung]. Betonwerk und Fertigteil-Technik/Concrete Precasting Plant and Technology, 2005. No. 71 (12). Pp. 50-55.

[17]. Jin H.-Q., Yao X.-L., Fan L.-W., Xu X., Yu Z.-T. Experimental determination and fractal modeling of the effective thermal conductivity of autoclaved aerated concrete: Effects of moisture content. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2016. No. 92. Pp. 589-602.

[18]. Ferretti D., Michelini E., Rosati G. Mechanical characterization of autoclaved aerated concrete masonry subjected to in-plane loading: Experimental investigation and FE modeling. Construction and Building Materials. 2015. No. 98. Pp. 353-365.

[19]. Pehlivanli Z.O., Uzun I., Demir I. Mechanical and microstructural features of autoclaved aerated concrete reinforced with autoclaved polypropylene, carbon, basalt and glass fiber. Construction and Building Materials. 2015. No. 96. Pp. 428-433.

[20]. Koudelka,T., Kruis J., Maděra J. Coupled shrinkage and damage analysis of autoclaved aerated concrete. Applied Mathematics and Computation. 2015. No. 267. Pp. 427-435.

[21]. Muthu Kumar E., Ramamurthy K. Effect of fineness and dosage of aluminium powder on the properties of moist-cured aerated concrete. Construction and Building Materials. 2015. No. 95. Pp. 486-496.

[22]. Penna A., Mandirola M., Rota M., Magenes G. Experimental assessment of the in-plane lateral capacity of autoclaved aerated concrete (AAC) masonry walls with flat-truss bed-joint reinforcement. Construction and Building Materials. 2015. No. 82. Pp. 155-166.

[23]. Feng C., Janssen H., Feng Y., Meng Q. Hygric properties of porous building materials: Analysis of measurement repeatability and reproducibility. Building and Environment. 2015. No. 85. Pp. 160-172.

[24]. Yao X.-L., Yi S.-Y., Fan L.-W., Xu X., Yu Z.-T., Ge J. Effective thermal conductivity of moist aerated concrete with different porosities. Zhejiang Daxue Xuebao (Gongxue Ban)/Journal of Zhejiang University (Engineering Science). 2015. No. 49 (6). Pp. 1101-1107.

[25]. Rubene S., Vilnitis M. Application of electrical impedance spectrometry for measurements of humidity distribution in aerated concrete masonry constructions. International Journal of Mechanics. 2015. No. 9. Pp. 213-219.

[26]. Campanale M., Moro L. Autoclaved aerated concrete: Experimental evaluation of its thermal properties at high temperatures. High Temperatures - High Pressures. 2015. No. 44 (5). Pp. 369-382.

[27]. Huang J., Lü H., Feng W., Chen Y., Zhou T. Coupled heat & moisture transmission characteristics of autoclaved aerated concrete block wall. Jianzhu Cailiao Xuebao/Journal of Building Materials. 2015. No. 18 (1). Pp. 88-94.

[28]. GOST 30244-94. Materialy stroitelnyye. Metody ispytaniy na goryuchest.

[29]. Federalnyy zakon ot 22.07.2008 N 123-FZ (red. ot 13.07.2015) "Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti"

[30]. BS EN 13501-1:2007+A1:2009 Fire classification of construction products and building elements. Classification using test data from reaction to fire tests

[31]. Yeremina T.Yu., Gravit M.V., Dmitriyeva Yu.N. Sredstva ognezashchity stroitelnykh konstruktsiy. Analiz obshchikh polozheniy rossiyskikh i yevropeyskikh normativnykh dokumentov. Arkhitektura i Stroitelstvo Rossii. 2012. № 8. Pp. 24 – 29. (rus)

[32]. Gravit M.V. Ognestoykost stroitelnykh konstruktsiy v yevropeyskikh i rossiyskikh standartakh. Standarty i kachestvo. 2014. № 2. Pp.36 – 37. (rus)

[33]. Flassenberg-Jahrgang G. Structural fire protection with autoclaved aerated concrete [Baulicher Brandschutz mit Porenbeton]. Betonwerk und Fertigteil-Technik/Concrete Precasting Plant and Technology. 2004. No. 70 (12). Pp. 48-50.

[34]. Ghazi Wakili K., Hugi E., Karvonen L., Schnewlin P., Winnefeld F. Thermal behaviour of autoclaved aerated concrete exposed to fire. Cement and Concrete Composites. 2015. No. 62. Pp. 52-58.

[35]. Gorshkov A.S., Grinfeld G.I, Mishin V.Ye., Nikiforov Ye.S., Vatin N.I. Povysheniye teplotekhnicheskoy odnorodnosti sten iz yacheisto-betonnykh izdeliy za schet ispolzovaniya v kladke poliuretanovogo kleya. Stroitelnyye materialy. 2014. №5. Pp. 57–64. (rus)

[36]. Grinfeld G., Gorshkov A., Vatin N. Tests results strength and thermophysical properties of aerated concrete block wall samples with the use or polyurethane adhesive. Advanced Materials Research. 2014. № 941-944. Pp. 786-799.

[37]. Yemelyanov G. O chem molchat proizvoditeli gazobetona? Statya na internet-portale: http://www.wdvs.ru/statyi-gennadia-emelyanova/o-chem-molchat-prodavcy-gazobetona.html

[38]. Schober G. Poros ity in autoclaved aerated concrete (AAC): A review on pore structure, types of porosity, measurement methods and effects of porosity on properties. Cement, Wapno, Beton (SPEC.ISSUE). 2011. Pp. 39-43.

[39]. Silayenkov Ye.S. Dolgovechnost izdeliy iz yacheistykh betonov. Moscow: Stroyizdat, 1986. 176 p. (rus)

[40]. Babkov V.V., Kuznetsov D.V., Morozova Ye.V., Gaysin A.M., Rezvov O.A. Problemy ekspluatatsionnoy nadezhnosti naruzhnykh sten zdaniy na osnove avtoklavnykh gazobetonnykh blokov i vozmozhnosti ikh zashchity ot uvlazhneniya // Shtukaturnyye sostavy dlya naruzhnoy otdelki sten iz gazobetona: materialy seminara / pod red. d-ra tekhn. nauk, prof., zav kaf. TOES SPb GPU Vatina N.I. Saint-Petersburg: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2010. 56 p.

[41]. Krutilin A.B., Rykhlenok Yu. A., Leshkevich V.V. Teplofizicheskiye kharakteristiki avtoklavnykh yacheistykh betonov nizkikh plotnostey i ikh vliyaniye na dolgovechnost naruzhnykh sten zdaniy. Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2015. №2(54). Pp. 46–55. (rus)

[42]. Jerman M., Keppert M., Výborný J., Černý R. Hygric, thermal and durability properties of autoclaved aerated concrete. Construction and Building Materials. 2013. No. 41. Pp. 352-359.

[43]. Albom tekhnicheskikh resheniy po primeneniyu izdeliy iz avtoklavnogo gazobetona torgovaya marka N+N v stroitelstve zhilykh, obshchestvennykh i promyshlennykh zdaniy. Materialy dlya proyektirovaniya i rabochiye chertezhi uzlov (izdaniye vtoroye, pererabotannoye i dopolnennoye). Sankt-Peterburg, 2014. – 156 p. (rus)

[44]. Nestle Kh. Spravochnik stroitelya. Stroitelnaya tekhnika, konstruktsii i tekhnologii : v 2-kh tomakh. Moscow: Tekhnosfera, 2007. (rus)

[45]. Blazi V. Spravochnik proyektirovshchika. Stroitelnaya fizika. Moscow: Tekhnosfera, 2012. (rus)

[46]. Kubal Maykl T. Spravochnik stroitelya. Gidroizolyatsiya zdaniy i konstruktsiy. Moscow: Tekhnosfera, 2012. (rus)

[47]. SP 50.13330.2012. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003. Teplovaya zashchita zdaniy. (rus)

[48]. Gorshkov A.S., Sokolov N.A. Nesootvetstviye rossiyskikh i mezhdunarodnykh standartov pri opredelenii raschetnykh znacheniy teploprovodnosti stroitelnykh materialov i izdeliy. Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2013. №7(42). Pp. 7–14. (rus)

[49]. GOST 31359-2007 Betony yacheistyye avtoklavnogo tverdeniya. Tekhnicheskiye usloviya. (rus)

[50]. Vatin N.I., Gorshkov A.S., Glumov A.V. Vliyaniye fiziko-tekhnicheskikh i geomtericheskikh kharakteristik shtukaturnykh pokrytiy na vlazhnostnyy rezhim odnorodnykh sten iz gazobetonnykh blokov. Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. № 1. Pp. 28–33. (rus)

[51]. Orlovich R.B., Malyshko L., Kanya T. Yevropeyskiy opyt primeneniya penobetona v zhilishchnom stroitelstve / Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «PENOBETON». Sbornik dokladov. Saint-Peterburg: PGUPS, 2007. Pp. 89-98. (rus)

[52]. Pinsker V.A., Vylegzhanin V.P., Grinfeld G.I. Teplofizicheskiye ispytaniya fragmenta kladki steny iz gazobetonnykh blokov «AEROK SPb» marki po plotnosti D 400 / Yacheistyye betony v sovremennom stroitelstve. Sbornik dokladov. Vypusk 5. Saint-Peterburg: NP «Mezhregionalnaya severo-zapadnaya stroitelnaya palata», Tsentr yacheistykh betonov, 2008. Pp. 48–51. (rus)

[53]. GOST 21520-89 Bloki iz yacheistykh betonov stenovyye melkiye. Tekhnicheskiye usloviya. (rus)

[54]. GOST 31360-2007 Izdeliya stenovyye nearmirovannyye iz yacheistogo betona avtoklavnogo tverdeniya. Tekhnicheskiye usloviya. (rus)

[55]. EN 1745:2002 «Masonry and masonry products – Methods for determining design thermal values».

[56]. ISO 10456 Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values

[57]. Korniyenko S.V. Problemy teplozashchity naruzhnykh sten sovremennykh zdaniy. Internet-Vestnik VolgGASU. 2013. № 1 (25). P. 13. (rus)

[58]. Korniyenko S.V. Povysheniye energoeffektivnosti zdaniy za schet snizheniya teplopoter v krayevykh zonakh ograzhdayushchikh konstruktsiy / S. V. Korniyenko ; M-vo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Volgogradskiy gos. arkhitekturno-stroit. un-t. Volgograd, 2011. (rus)

[59]. Korniyenko S.V. Kompleksnaya otsenka energoeffektivnosti i teplovoy zashchity zdaniy. Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2014. No. 11 (26). Pp. 33–48. (rus)

[60]. Korniyenko S.V. Mnogofaktornaya otsenka teplovogo rezhima v elementakh obolochki zdaniya. Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2014. № 8 (52). Pp. 25–37. (rus)

[61]. Korniyenko S.V. Metod resheniya trekhmernoy zadachi sovmestnogo nestatsionarnogo teplo- i vlagoperenosa dlya ograzhdayushchikh konstruktsiy zdaniy. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo. 2006. No 2. Pp. 108–110. (rus)

[62]. Gorshkov A.S., Rymkevich P.P., Vatin N.I. O teplotekhnicheskoy odnorodnosti dvukhsloynoy stenovoy konstruktsii Energosberezheniye. 2014. №7. Pp. 58–63. (rus)

[63]. Gagarin V.G. Teplofizicheskiye problemy sovremennykh stenovykh ograzhdayushchikh konstruktsiy mnogoetazhnykh zdaniy. Academia. Arkhitektura i stroitelstvo. 2009. No. 5. Pp. 297–305. (rus)

[64]. SP 15.13330.2012. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-22-81*. Kamennyye i armokamennyye konstruktsii. (rus)

[65]. RMD 52-01-2006 Sankt-Peterburg. Chast 1. Proyektirovaniye i vozvedeniye ograzhdayushchikh konstruktsiy zhilykh i obshchestvennykh zdaniy s primeneniyem yacheistykh betonov v Sankt-Peterburge. (rus)

Данная статья публикуется в рамках работы по проекту:
Erasmus+ 561890-EPP-1-2015-1-IT_EPPKA2-CBHE-JP

This article is published in the framework of project:
Erasmus+ 561890-EPP-1-2015-1-IT_EPPKA2-CBHE-JP

Ватин Н.И., Горшков А.С., Корниенко С.В., Пестряков И.И., Потребительские свойства стеновых изделий из автоклавного газобетона // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №1 (40). С. 78-101.

Vatin N.I, Gorshkov A.S., Kornienko S.V., Pestryakov I.I., The consumer properties of wall products from AAC. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, 1 (40), Pp. 78-101. (rus)