

## Соответствие стен из автоклавного газобетона современным требованиям по тепловой защите зданий

**А. С. Горшков**, канд. техн. наук, директор учебно-научного центра «Мониторинг и реабилитация природных систем» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО СПбПУ), главный технический советник проекта ПРООН-ГЭФ «Энергоэффективность зданий на Северо-Западе России»;

**Н. И. Ватин**, доктор техн. наук, директор Инженерно-строительного института, заведующий кафедрой «Строительство уникальных зданий и сооружений» ФГАОУ ВО СПбПУ;

**С. В. Корниенко**, канд. техн. наук, кафедра «Архитектура зданий и сооружений» ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»;

**И. И. Пестряков**, директор Испытательного центра ОНТИ ФГАОУ ВО СПбПУ

Автоклавный газобетон в виде стеновых блоков в настоящее время получил широкое распространение в России, а также в странах Восточной Европы. Однако для северных стран Западной Европы использование данного материала в качестве конструкционного основания наружных стен требует, согласно законодательствам этих стран в области энергосбережения, дополнительного утепления стен с использованием эффективных теплоизоляционных материалов. Разберемся, насколько это обоснованно.



В Западной Европе, особенно в странах Скандинавии, стеновые изделия из автоклавного газобетона (далее – газобетон) в настоящее время применяются крайне редко [1, 2]. Пик популярности изделий из газобетона в этих странах 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 [3].

Высокая начальная влажность изделий делает процесс утепления газобетонных стен снаружи рискованным с точки зрения обеспечения требуемого температурно-влажностного режима наружных ограждений [4], даже несмотря на то, что значительная часть влаги может удаляться посредством систем вентиляции и кондиционирования [5].

Объективности ради следует отметить, что требования к уровню теплоизоляции наружных стен в Скандинавских странах существенно выше, чем в России<sup>1</sup>, несмотря на сопоставимые характеристики наружного климата [3]. По этой 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.

Свойства стеновых изделий из автоклавного газобетона в настоящее время достаточно хорошо изучены [6, 7]. Это позволяет объективно оценить его конкурентные преимущества и недостатки.

## **Преимущества и ограничения при использовании автоклавного газобетона**

Преимущества изделий стеновых неармированных из ячеистого бетона автоклавного твердения (именно так следует правильно указывать наименование данного типа изделий) хорошо известны. Однако из их числа следует выделить особо:

- доступность сырьевых компонентов;
- низкую пожарную опасность и высокую огнестойкость;
- высокую точность габаритных размеров;
- технологичность кладки и высокую производительность работ;
- низкую стоимость изделий.

Достаточно широко и подробно ограничения по области применения изделий из автоклавного газобетона рассмотрены в работах [1, 8]. Дабы не повторять их в этой работе, попробуем их несколько систематизировать и обосновать.

## **Влажностный режим стеновых конструкций**

К газобетону часто предъявляется претензия, что материал «боится» воды (гидрофобен), а еще «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 [9]. Фактическая влажность изделий по массе может достигать 100 % и более. Это означает, что, например, для изделий марки по плотности D500 (со средней плотностью порядка 500 кг/м<sup>3</sup>) фактическая плотность изделий повысится до 1000 кг/м<sup>3</sup>. 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 на механических (прочности). Уменьшится также и их долговечность. Это 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 [10, 11], 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 отметим, что в подавляющем большинстве случаев изделия из газобетонных блоков применяются в помещениях с сухим и нормальным режимами эксплуатации помещений (большинство помещений жилых зданий и зданий общественного назначения). 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 возникновения переувлажнения стеновых конструкций в нижней части стен является отсутствие цоколя требуемой высоты, выполненного из бетона или полнотелого керамического кирпича. Именно поэтому производители рекомендуют [12] первый ряд кладки из газобетонных блоков начинать с уровня 500 мм выше уровня земли. Иначе в периоды оттепелей не убранный с отстойки 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.

Таблица  
**Сравнительные показатели теплопроводности и эксплуатационной влажности изделий из автоклавного газобетона**

Теплотехнический показатель	Марка газобетона	Нормативный документ	
		ГОСТ 31359	СП 50.13330
Теплопроводность в сухом состоянии, $\lambda_0$ , Вт/(м•К)	D400	0,096	0,110
	D600	0,140	0,140
Массовое отношение влаги в материале, для условий эксплуатации $A, \psi_A$ , %	D400	4	8
	D600	4	8
Расчетное значение теплопроводности для условий эксплуатации $A, \lambda_A$ , Вт/(м•К)	D400	0,113	0,140
	D600	0,117	0,220
Массовое отношение влаги в материале, для условий эксплуатации $A, \omega_B$ , %	D400	5	12
	D600	5	12
Расчетное значение теплопроводности для условий эксплуатации $B, \lambda_B$ , Вт/(м•К)	D400	0,160	0,150
	D600	0,183	0,260

Авторы статьи имели возможность наблюдать, как на одном из строящихся в зимнее время объектов снег попадал в помещения, таял в период оттепелей, стекал под уложенный на полу утеплитель (экструдированный пенополистирол), увлажняя постепенно нижний ряд блоков, что при повторном появлении заморозков приводило к разрушению нижнего ряда кладки примерно на 1/3 ее толщины. И это наблюдалось на фрагментах зданий, уже практически подведенных под крышу. По этой причине следует:

- при проектировании наружных стен зданий из газобетонных блоков – 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 °С) (согласно СП 50.13330<sup>2</sup>);
- 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 «сосет» влагу изнутри, сильно преувеличена. Если в помещениях наблюдается сухой или нормальный режимы 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, в значительной степени ограничивающий 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 спроектированных одним из авторов статьи объектах с наружными стенами из газобетонных блоков, строительство которых продолжалось вплоть до конца осени, при включении в здании системы 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 усилиться, 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.

## Перетопы в первые годы эксплуатации

Другой, менее драматичной, но не менее важной проблемой, связанной с высокой влажностью изделий из автоклавного газобетона, является ухудшение их теплотехнических характеристик.



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/строительстве материалов и изделий.

Основным теплотехническим показателем строительных материалов и изделий является теплопроводность. 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). Поэтому существует теплопроводность в сухом состоянии (при нулевой влажности) и расчетная (эксплуатационная) теплопроводность, которая учитывает некоторую, отличную от нуля, влажность изделий. Чем расчетная влажность изделий выше, тем расчетная теплопроводность окажется выше теплопроводности того же материала или изделия в сухом состоянии.

Так вот, оказывается, что от величины этой самой 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 проектируемого объекта в отопительный период года. И если расчетные характеристики изделий будут приняты неправильно, столь же неправильно будет запроектирована и система отопления.

Так вот, оказывается, что от величины этой самой 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 проектируемого объекта в отопительный период года. И если расчетные характеристики изделий будут приняты неправильно, столь же неправильно будет запроектирована и система отопления.

Возвращаясь к изделиям из автоклавного газобетона, посмотрим, почему в зданиях, выполненных из газобетонных блоков, фактическое энергопотребление практически всегда оказывается выше расчетного (проектного). Оказывается, что в различных нормативах изделий из автоклавного газобетона указываются различные расчетные значения теплопроводности (табл. 1).

Если в СП 50.13330 массовое отношение влаги в материале для условий эксплуатации А принимается равным 8 % (табл. 1), а для условий эксплуатации Б – 12 %, то в ГОСТ 31359<sup>3</sup>, 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 оказываются ниже, чем по СП 50.13330. Таким вот образом расчетные значения теплопроводности по ГОСТ 31359 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.

Казалось бы, мало ли какие расчетные значения теплопроводности указаны в разных стандартах для одних и тех же изделий. У них есть вполне определенная влажность (массовое отношение влаги в материале), и она может быть с достаточной точностью определена при эксплуатации.

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

Реальная влажность изделий из газобетона оказывается выше (табл. 1) и той, которая обозначена в ГОСТ 31359 (табл. 1), и той, которая регламентирована в СП 50.13330 (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.

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, с другой стороны, от характеристик отделочных слоев [13]. Чем выше окажется сопротивление паропрооницанию 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, их преждевременному разрушению, а также появлению плесневых грибов [14]. 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» [15], 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 [15], 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 [14]. 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 %<sup>4</sup>. 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 в голову идея вообще отказаться от ограничения отпускной влажности<sup>5</sup>.

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

***В следующем номере покажем, какую теплопроводность следует принимать, как правильно производить экономическую оценку технических решений, и дадим рекомендации по применению изделий из автоклавного газобетона.***

## **Литература**

1. Немова Д. В., Спиридонова Т. И., Куражова В. Г. Неизвестные свойства известного материала // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 1.
2. Van Boggelen W., Volker K. New opportunities for autoclaved aerated concrete [Neue Chancen für Porenbeton]. Betonwerk und Fertigteil-Technik/Concrete Precasting Plant and Technology. 2004. No. 70 (3).
3. 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).

4. Koci V., Madera J., Cerny R. Exterior thermal insulation systems for AAC building envelopes: Computational analysis aimed at increasing service life. *Energy and Buildings*. 2012. No. 47.
5. 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).
6. Narayanan N., Ramamurthy K. Structure and properties of aerated concrete: A review. *Cement and Concrete Composites*. 2000. No. 22 (5).
7. Ozel M. Thermal performance and optimum insulation thickness of building walls with different structure materials. *Applied Thermal Engineering*. 2011. № 31.
8. Емельянов Г. О чем молчат производители газобетона? [www.wdvs.ru/statyi-gennadia-emelyanova/o-chem-molchat-prodavcy-gazobetona.html](http://www.wdvs.ru/statyi-gennadia-emelyanova/o-chem-molchat-prodavcy-gazobetona.html).
9. Schober G. Porosity in autoclaved aerate dconcrete (AAC): A review on pore structure, types of porosity, measurement methods and effects of porosity on properties. *Cement, Wapno, Beton (SPEC.ISSUE)*. 2011.
10. Силаенков Е. С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М. : Стройиздат, 1986.
11. 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).
12. 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). СПб, 2014.
13. Ватин Н. И., Горшков А. С., Глумов А. В. Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. № 1.
14. Орлович Р. Б., Малышко Л., Каня Т. Европейский опыт применения пенобетона в жилищном строительстве / Материалы международной научно-практической конференции «ПЕНОБЕТОН». Сборник докладов. СПб : ПГУПС, 2007.
15. Пинскер В. А., Вылегжанин В. П., Гринфельд Г. И. Теплофизические испытания фрагмента кладки стены из газобетонных блоков «АЭРОК СПб» марки по плотности D400 / Ячеистые бетоны в современном строительстве. Сборник докладов. Выпуск 5. СПб : НП «Межрегиональная северо-западная строительная палата», Центр ячеистых бетонов, 2008.