

Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона

*К.т.н., докторант А.С. Горшков;
магистр А.А. Гладких**

ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Известно, что швы кладки в ограждающих конструкциях зданий являются теплопроводными включениями. При этом в большинстве случаев при проектировании влияние швов на приведенное сопротивление теплопередаче стен не учитывается. В результате фактические значения сопротивлений теплопередаче могут не совпадать с расчетными. Это, так или иначе, сказывается на проектных параметрах энергоэффективности зданий. Целью настоящей работы является оценка влияния швов кладки на теплотехническую однородность стеновых конструкций, возведенных из газобетонных блоков, а также разработка практических рекомендаций по уменьшению дополнительных теплопотерь через швы, что, в свою очередь, даст повышение энергоэффективности однородных стен из газобетонных блоков.

В таблице 1 приведены расчетные коэффициенты теплопроводности для автоклавного газобетона при равновесной весовой влажности 5 %, соответствующей условиям эксплуатации «Б» (согласно стандарту [1]). Численные значения коэффициентов теплопроводности, приведенные в таблице 1, соответствуют основному материалу стеновой конструкции, т.е. газобетону. Однако при кладке стен помимо основного материала присутствуют растворные швы кладки, которые представляют собой теплопроводные включения. Наличие теплопроводных включений учитывается введением коэффициента теплотехнической однородности «г». Чем толще растворный шов и чем коэффициент теплопроводности шва выше, тем меньшим будет коэффициент теплотехнической однородности и, как следствие, приведенное сопротивление теплопередаче стеновой конструкции. При этом теплопотери через стены возрастут пропорционально влиянию швов кладки.

Таблица 1. Теплотехнические характеристики

Материал конструкции стены	Коэффициент теплопроводности при влажности 5%, λ_B [Вт/(м·°С)]
газобетон марки по плотности D400	0,117
газобетон марки по плотности D500	0,147
газобетон марки по плотности D600	0,183

Различают две категории кладки стен из газобетона [2]: на клею (категория 1) и на растворе (категория 2). Кладка на растворе (категория 2) выполняется на обычном цементно-песчаном растворе с толщиной швов кладки 10 ± 2 мм, кладка категории 1 выполняется на специальном клею с толщиной швов 2 ± 1 мм. Современное оборудование ведущих производителей газобетона (только автоклавного) позволяет производить блоки с допустимым отклонением размеров по высоте ± 1 мм. Соответственно, при изготовлении кладки стен из автоклавного газобетона целесообразно выполнять ее на клею.

Чем меньше толщина швов кладки, тем выше оказывается коэффициент теплотехнической однородности и, следовательно, приведенное сопротивление теплопередаче стен, – R^f . Как следствие, меньшими оказываются теплопотери, а с ними и затраты на отопление зданий. Рассмотрим это на следующих примерах. В примере 1 рассмотрим влияние швов кладки, выполненной на растворе, со средней толщиной швов 10 мм, в примере 2 – выполненной на клею со средней толщиной швов кладки 2 мм. В обоих примерах произведем расчет приведенного сопротивления теплопередаче однородной стены из газобетонных блоков марки по плотности D400 толщиной 375 мм. Для упрощения расчетов в качестве раствора примем цементно-песчаный плотностью 1800 кг/м^3 ($\lambda_B = 0.93 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$).

Расчет приведенного термического сопротивления регулярного элемента стеновой конструкции произведен методом сложения проводимостей, изложенным в своде правил [3]. Для расчета использована формула (10) из свода правил [3].

Пример 1. Кладка стен из газобетонных блоков марки по плотности D400 толщиной 375 мм на растворе с толщиной швов кладки 10 мм (категория 2 кладки)

Для расчета необходимо принять регулярный повторяющийся элемент кладки. В качестве регулярного элемента может быть принят следующий: блок наружной стены размером 625×250 мм (стандартный размер блока из автоклавного газобетона, производимого в РФ на оборудовании фирмы Wehrhahn) и два растворных шва – горизонтальный и вертикальный (рис. 1). Толщина регулярного элемента составляет 375 мм.

Горшков А.С., Гладких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона

Разделим данный регулярный элемент на участки с различной проводимостью плоскостями, параллельными тепловому потоку (рис. 1). Получаем два однородных и одинаковых по толщине участка со следующими параметрами:

$$R_{Г.Б.} = \frac{\delta_{Г.Б.}}{\lambda_{Г.Б.}} = \frac{0.375}{0.117} = 3.21 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad A_{Г.Б.} = 0.25 \cdot 0.625 = 0.156 \text{ м}^2$$

$$R_{р-ра} = \frac{\delta_{р-ра}}{\lambda_{р-ра}} = \frac{0.375}{0.93} = 0.40 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad A_{р-ра} = 0.25 \cdot 0.01 + 0.625 \cdot 0.01 = 0.0088 \text{ м}^2 ,$$

где $R_{Г.Б.}$ – термическое сопротивление теплопередаче газобетонной части регулярного элемента;
 $A_{Г.Б.}$ – площадь газобетонной части регулярного элемента, расположенного перпендикулярно направлению теплового потока;
 $R_{р-ра}$ – термическое сопротивление теплопередаче растворной части регулярного элемента;
 $A_{р-ра}$ – площадь растворной части регулярного элемента, расположенного перпендикулярно направлению теплового потока.

Термическое сопротивление теплопередаче всего регулярного элемента:

$$R^r = \frac{\sum_{i=1}^m A_i}{\sum_{i=1}^m \frac{A_i}{R_i}} = \frac{0.156 + 0.0088}{\frac{0.156}{3.21} + \frac{0.0088}{0.4}} = 2.34 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Соответственно, коэффициент теплотехнической однородности составит:

$$r = \frac{R^r}{R_{Г.Б.}} = \frac{2.34}{3.21} = 0.73$$

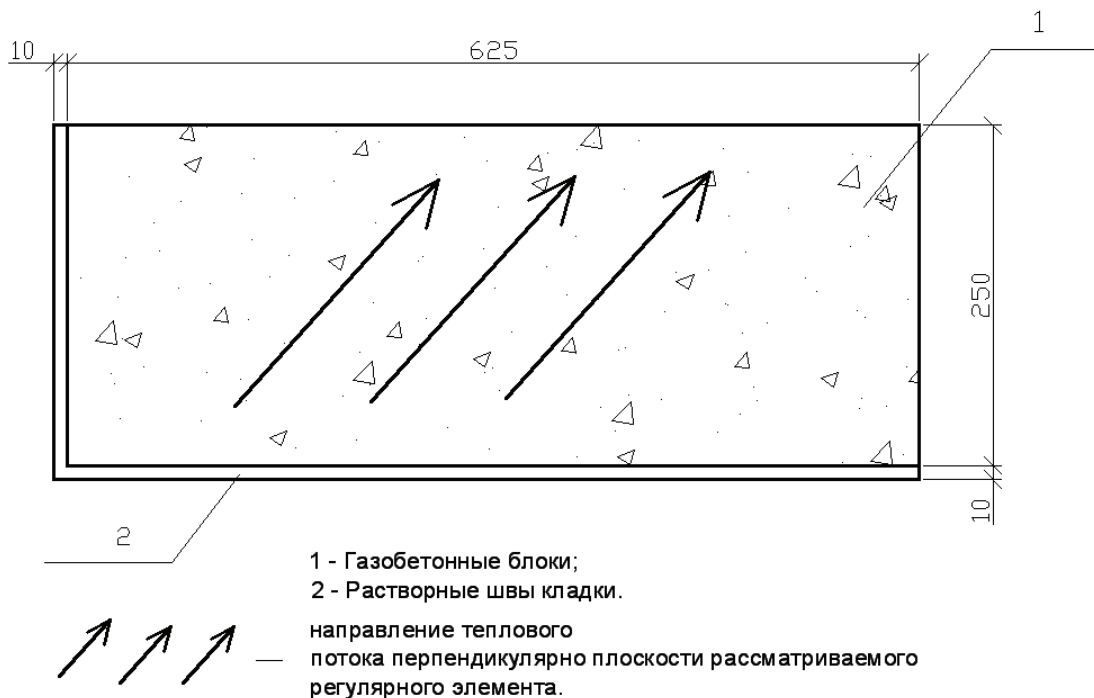


Рисунок 1. Схема регулярного элемента для расчета коэффициента теплотехнической однородности стен из газобетона на растворе со средней толщиной швов кладки 10 мм

Пример 2. Кладка стен из газобетонных блоков марки по плотности D400 толщиной 375 мм на растворе с толщиной швов кладки 2 мм (категория 1 кладки)

Произведем расчет приведенного сопротивления теплопередаче кладки стен из газобетонных блоков марки по плотности D400 толщиной 375 мм, выполненной на клею со средней толщиной швов 2 мм.

Для расчета примем регулярный повторяющийся элемент кладки, аналогичный показанному на рис. 1, но с толщиной швов кладки 2 мм. В данном примере в качестве регулярного элемента может быть принят следующий: блок наружной стены размером 625×250 мм и два растворных шва – горизонтальный и вертикальный (рис. 2). Толщина регулярного элемента в данном примере также составляет 375 мм. Для рассматриваемого регулярного элемента (рис. 2):

$$R_{Г.Б.} = \frac{\delta_{Г.Б.}}{\lambda_{Г.Б.}} = \frac{0.375}{0.117} = 3.21 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad A_{Г.Б.} = 0.25 \cdot 0.625 = 0.156 \text{ м}^2 ;$$

$$R_{р-ра} = \frac{\delta_{р-ра}}{\lambda_{р-ра}} = \frac{0.375}{0.93} = 0.40 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad A_{р-ра} = 0.25 \cdot 0.002 + 0.635 \cdot 0.002 = 0.0018 \text{ м}^2 ;$$

Обозначения те же, что в примере 1.

Термическое сопротивление теплопередаче всего регулярного элемента составит:

$$R^r = \frac{\sum_{i=1}^m A_i}{\sum_{i=1}^m R_i} = \frac{0.156 + 0.0018}{\frac{0.156}{3.21} + \frac{0.0018}{0.4}} = 2.97 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Соответственно, коэффициент теплотехнической однородности:

$$r = \frac{R^r}{R_{Г.Б.}} = \frac{2.97}{3.21} = 0.93$$

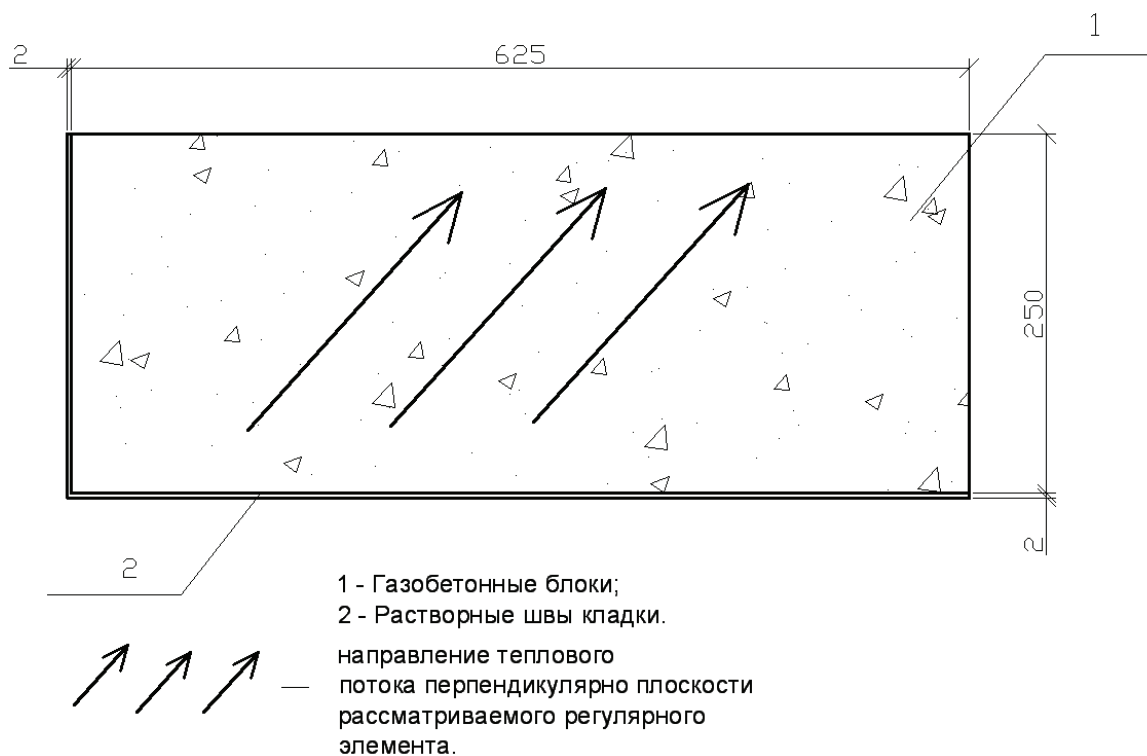


Рисунок 2. Схема регулярного элемента для расчета коэффициента теплотехнической однородности стен из газобетона на растворе со средней толщиной швов кладки 2 мм

Из представленных примеров видно, насколько существенным оказывается влияние швов кладки на приведенное сопротивление теплопередаче кладки стен из газобетона марки по плотности D400 при различной толщине швов кладки: при толщине швов кладки 10 мм дополнительные теплотери через швы кладки, представляющие собой теплопроводные включения, составят 27 % (коэффициент теплотехнической однородности $\gamma = 0.73$, см. пример 1), при толщине швов 2 мм – всего 7% (коэффициент теплотехнической однородности $\gamma=0.93$, см. пример 2).

В таблице 2 приведены рассчитанные аналогичным образом коэффициенты теплотехнической однородности для кладок стен из газобетона разных марок по плотности (D400, D500 и D600) и разных толщин стен (100, 150, 200, 250, 300, 375 мм).

Таблица 2. Коэффициенты теплотехнической однородности для кладок стен из газобетона

Марка газобетона	Толщина стены, мм	Коэффициент теплотехнической однородности, γ для кладки на <u>клею</u> (толщина шва 2 мм)	Коэффициент теплотехнической однородности, γ для кладки на <u>растворе</u> (толщина шва 10 мм)
D400	100,150, 200, 250, 300, 375	0.93	0.73
D500	100,150, 200, 250, 300, 375	0.94	0.78
D600	100,150, 200, 250, 300, 375	0.96	0.82

Из данных, представленных в таблице 2, следует, что при больших значениях плотности газобетона влияние швов кладки на теплотехническую однородность конструкции стены уменьшается. Следует отметить, что при использовании в качестве раствора или клея растворных швов с меньшей теплопроводностью (с меньшим значением коэффициента теплопроводности) коэффициенты теплотехнической однородности увеличатся, как следствие, расчетное приведенное сопротивление теплопередаче в этом случае возрастет. Отсюда можно сделать следующие выводы:

- чем меньше толщина швов кладки стен из газобетона, тем выше приведенное сопротивление теплопередаче однородной стены и, тем самым, меньше дополнительные теплотери через растворные швы, являющиеся теплопроводными включениями;
- чем выше плотность применяемого в строительстве газобетона, тем меньше влияние швов кладки на теплотехническую однородность стены;
- чем меньше коэффициент теплопроводности применяемого для кладки стен раствора, тем меньше влияние швов кладки на теплотехническую однородность, и, как следствие, меньшими окажутся дополнительные теплотери через растворные швы кладки.

Таким образом, для уменьшения влияния швов кладки на теплотехническую однородность стен из газобетонных блоков, и, как следствие, уменьшения дополнительных теплотерей через швы целесообразно выполнять кладку на клею с минимальной толщиной швов (2 ± 1 мм), а также стремиться к уменьшению коэффициента теплопроводности кладочного раствора.

Литература

1. ГОСТ 31359-2007. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2008. 14 с.
2. СТО 501-52-01-2007. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. М.: Ассоциация строителей России, 2007. 41 с.
3. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М.: ФГУП ЦПП, 2004. 320 с.

* Алина Анатольевна Гладких, Санкт-Петербург
Тел. моб.: +7(921)775-51-18; эл. почта: AlinaGladkikh@yandex.ru