

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-5-17-24

Сулейманов К.А., Погорелова И.А., *Рябчевский И.С.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: kloud09@mail.ru

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ СТЕН ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

Аннотация. Разработка эффективных ограждающих конструкций является на сегодняшний день одним из наиболее востребованных направлений в строительной отрасли. В условиях обеспечения энергоэффективности и экологической безопасности при возведении гражданских зданий в качестве ограждающих конструкций применяются кладка из газобетонных блоков, обладающих высокими теплозащитными свойствами. Поскольку клеевые и цементно-песчаные растворы в кладке имеют низкую теплопроводность и являются температурными мостами, остро стоит вопрос о заполнении сквозных швов газобетонной кладки. Авторами разработана двухрядная энергоэффективная кладка стен из ячеистобетонных блоков с применением в качестве заполнителя сквозных и перевязочных швов полиуретанового клея. В статье рассмотрено влияние сквозных горизонтальных швов, выполненных из цементно-песчаного раствора, и перевязки блоков на сопротивление теплопередаче кладки из газобетонных блоков, а также представлено исследование приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции с учетом теплопроводных включений, представленной в виде традиционной двухрядной ячеистобетонной кладки через ряд, выполненной на тонкослойном клеевом растворе, а также разработанной авторами кладки, на основании которого сделан вывод об обеспечении энергоэффективности разработанных стеновых ограждений за счет повышенной теплотехнической однородности кладки.

Ключевые слова: ячеистый бетон, кладка, теплотехническая однородность, полиуретановый клей, приведенное сопротивление теплопередаче.

Введение. Снижение материалоемкости и, соответственно, трудоемкости строительства при сохранении эксплуатационных характеристик зданий и сооружений стало основным направлением развития строительства. Для того, чтобы повысить теплозащитных свойств не влекло за собой рост материалоемкости, разрабатываются и внедряются новые строительные материалы, изделия и конструкции, появление которых позволяет совместить основные тенденции совместного строительства: снижение материалоемкости, как основной экономической задачи, и повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций, как основная составляющая общей задачи повышения энергоэффективности зданий [1–3].

Одним из основных эффективных строительных материалов, применяемых при устройстве наружных стен зданий, является ячеистый бетон [4]. Строительные системы из ячеистобетонных блоков обеспечивают требуемую теплоизоляцию при минимальной толщине конструкции. Однако фактором, снижающим энергоэффективность ограждающих конструкций, выполненных в виде кладки из ячеистобетонных блоков, является заполнение швов кладки теплопроводящими материалами.

Учитывая тот факт, что толщина однорядной ячеистобетонной кладки (рис. 1, а) не обеспечивает требуемую теплоизоляцию [5], на практике, зачастую, используется строительная система с облицовочным слоем из кирпича, фиксируемого к блокам гибкими связями (рис. 1, б) [6, 7]. Но при коэффициенте теплотехнической однородности стеновой конструкции, состоящей из газобетонных блоков марки D400 толщиной 375 мм с лицевым слоем из облицовочного кирпича толщиной 120 мм, равном 0,61, условное сопротивление теплопередаче составляет 2,99 (м²·°C)/Вт, что для II и III климатических зон России меньше требуемого значения – 3,08 (м²·°C)/Вт [8]. А устройство теплоизоляционного слоя повышает материалоемкость и трудоемкость монтажа стеновой конструкции за счет обеспечения теплоизоляционному слою ветро- и парозащиты.

Наиболее оптимальным в данном случае способом монтажа ограждающих конструкций является двухрядная кладка стен из ячеистобетонных блоков с поперечной перевязкой блоков, выполненная на тонкослойном клеевом растворе с толщиной шва 1...3 мм (рис. 1, в).

Данная кладка недостаточно энергоэффективна в связи с наличием большого количества сквозных горизонтальных швов, являющимися «мостиками холода» и снижающими ее теплозащитные свойства.

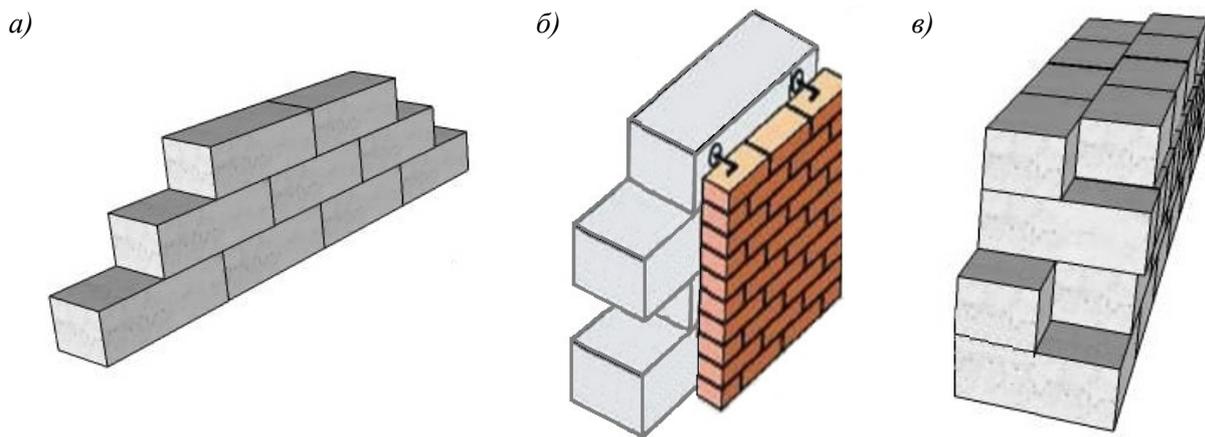


Рис. 1. Ограждающие конструкции из ячеистобетонных блоков:
 а – однорядная кладка; б – однорядная кладка с лицевым слоем из облицовочного кирпича;
 в – двухрядная кладка с поперечной перевязкой блоков

При устройстве кладки из ячеистобетонных блоков применяются три основных наиболее распространенных варианта выполнения швов кладки: на полиуретановом клее, цементно-песчаном растворе и цементном клее [9, 10].

Кладка на цементно-песчаном растворе является более материалоемкой за счет устройства швов толщиной 8...10 мм, при этом данный материал является наименее теплопроводным, что снижает теплозащитные свойства всей ограждающей конструкции.

Использование цементного клея в качестве заполнителя швов кладки является рациональным решением в связи с его высокой теплотехнической однородностью при толщине шва 1...2 мм, обладая при этом низкой деформативностью и высокой прочностью.

В качестве заполнителя вертикальных и горизонтальных швов также применяется однокомпонентный полиуретановый клей. По сравнению с общепринятой технологией кладки на цементных клеевых составах или растворах, кладка на

полиуретановом клее исключает мокрые процессы на строительной площадке, обеспечить требуемые теплотехнические показатели за счет высокой теплотехнической однородности конструкции, снизить материалоемкость и примерно вдвое увеличивает скорость возведения кладки [11–13].

В качестве двухрядной ограждающей конструкции из одноразмерных ячеистобетонных блоков наиболее распространена кладка с поперечной перевязкой блоков через ряд (рис. 2, а). Однако данная кладка недостаточно энергоэффективна в связи с наличием большого количества сквозных горизонтальных швов, снижающих теплотехническую однородность ограждающей конструкции.

Авторами разработана энергоэффективная двухрядная газобетонная кладка стен (рис. 2, б), особенностью которой является высокая теплотехническая однородность за счет уменьшения количества сквозных горизонтальных швов.

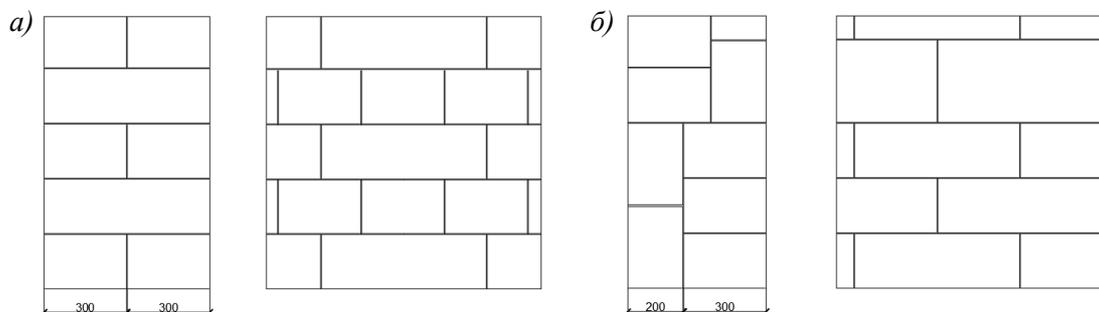


Рис. 2. Поперечный разрез и общий вид кладок из ячеистобетонных блоков:
 а – кладка с поперечной перевязкой блоков через ряд; б – двухрядная ячеистобетонная кладка

Особенностью, разработанной авторами энергоэффективной двухрядной ячеистобетон-

ной кладки, является перевязка сквозных горизонтальных швов за счет укладки внутреннего или наружного ряда блоков ложком вниз при

устройстве параллельного ряда блоков постелью вниз. В участке выравнивания высот внутреннего и наружного рядов блоков устраивается плашковая перевязка рядов блоков для обеспечения стеновой конструкцией требуемой жесткости.

Данное технологическое решение позволяет уменьшить количество сквозных горизонтальных швов в 3 раза при использовании блоков сечением 200×300 мм и в 4 раза – сечением 150×200 мм, тем самым увеличивая теплотехническую однородность, и снизить материалоемкость и, как следствие, трудоемкость устройства кладки на 20 % за счет меньшей толщины ограждающей конструкции.

Материалы и методы. Исследование теплотехнических свойств газобетонной кладки с учетом теплопроводных включений в виде сквозных швов достаточно важно для эффективного применения кладки, зачастую, в качестве единственного теплоизоляционного слоя стеновой конструкции. Поэтому повышение теплотехнической однородности кладки из газобетонных блоков при обеспечении требуемых эксплуатационных характеристик определяет энергетическую и экономическую эффективность устройства разработанной авторами двухрядной ячеистобетонной кладки.

Анализируя виды кладок и их эксплуатационные характеристики авторами проведены рас-

четные и экспериментальные исследования влияния сквозных швов на теплотехнические показатели.

Для расчетно-экспериментальной оценки теплотехнических показателей стеновой конструкции авторами рассмотрены фрагменты газобетонной кладки, представленные в виде участка сквозного шва и участка перевязки блоков. Путем механической обработки изготовлены модели кладки (рис. 3) размерами $250 \times 250 \times 50$ мм, состоящие из двух рядов фрагментов газобетонных блоков, соединенных между собой цементно-песчаным раствором. Модели *a* и *в* (рис. 3) представлены участками перевязки фрагментов блоков, модели *б* и *г* (рис. 3) представлены в виде одного и двух сквозных швов соответственно. Все швы выполнены толщиной 5 мм.

Рассматриваемые фрагменты представлены тремя видами однородной части конструкции:

- участок кладки в виде сквозного шва (рис. 3, поз. 1);
- участок кладки в виде слоистой конструкции, состоящей из двух вертикальных рядов фрагментов газобетонных блоков, соединяемых между собой слоем цементно-песчаного раствора (рис. 3, поз. 2);
- участок перевязки швов фрагментов кладки (рис. 3, поз. 3).

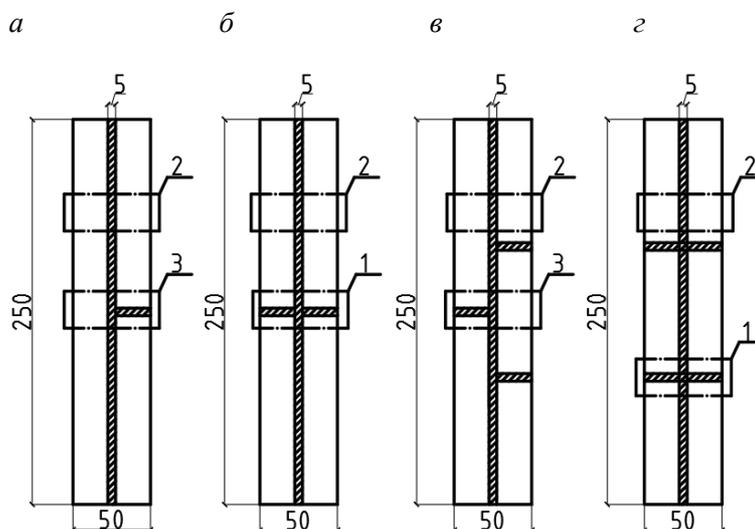


Рис. 3. Поперечные разрезы моделей кладки: *a* – в виде перевязки фрагментов блоков с одним несквозным швом; *б* – в виде одного сквозного шва; *в* – в виде перевязки фрагментов блоков с тремя несквозными швами; *г* – в виде двух сквозных швов; 1 – участок перевязки блоков; 2 – участок слоистой конструкции; 3 – участок в виде сквозного шва

Для расчета приведенного сопротивления теплопередаче рассматриваются фрагмент газобетонной кладки толщиной 600 мм, состоящей из

блоков *D400* размером $200 \times 300 \times 600$ мм с поперечной перевязкой через ряд и выполненной на тонкослойном клеевом растворе с толщиной шва

3 мм, фрагмент разработанной авторами энергоэффективной двухрядной кладки толщиной 500 мм, состоящей из газобетонных блоков размером $200 \times 300 \times 600$ мм и выполненной на тонкослойном клеевом растворе с толщиной шва 3 мм и фрагмент разработанной авторами энергоэффективной двухрядной кладки толщиной 500 мм, состоящей из газобетонных блоков размером $200 \times 300 \times 600$ мм и выполненной на полиуретановом клее с толщиной шва 1 мм, площадью 1 м^2 каждый (рис. 4).

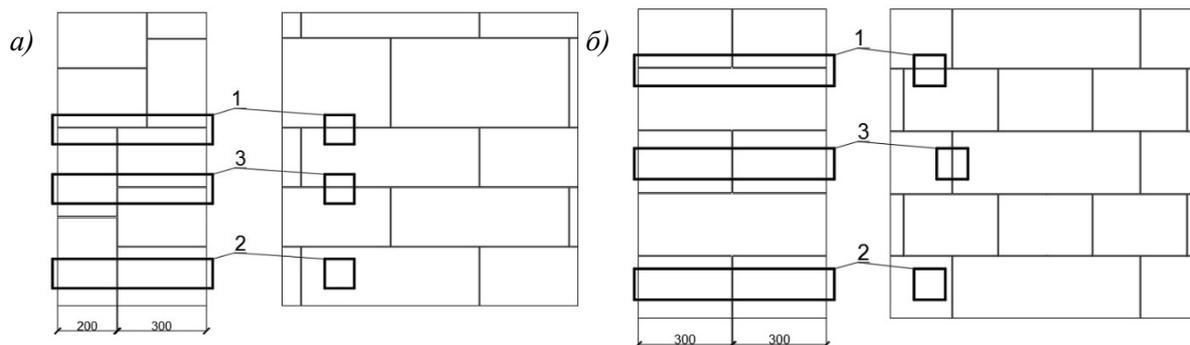


Рис. 4. Поперечный разрез и общий вид фрагментов кладок из газобетонных блоков для определения приведенного сопротивления теплопередаче: *a* – энергоэффективная кладка;

б – газобетонная кладка с поперечной перевязкой через ряд;

1 – участок перевязки горизонтальных рядов кладки; 2 – участок кладки в виде слоистой конструкции;

3 – участок перевязки вертикальных швов кладки

Основная часть. Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции рассчитываемого фрагмента определяется по формуле (1) [14, 15]:

$$R_{ro} = \sum A_i / (\sum A_i / R_{o,i} + \sum L_j \psi_j + \sum N_k K_k) \quad (1)$$

где A_i – площадь конструкции i -го вида в рассматриваемом фрагменте, м^2 ; L_j – протяженность всех стыков j -го вида в рассматриваемом фрагменте, м; N_k – число точечных теплотехнических неоднородностей k -го вида в рассматриваемом фрагменте, шт.; $R_{o,i}$ – сопротивление теплопередаче однородной части конструкции i -го вида, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; ψ_j – дополнительные удельные линейные потери теплоты через стык j -го вида, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$; K_k – дополнительные удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность k -го вида, $\text{Вт}/\text{°C}$.

В качестве теплопроводных включений в расчете принимаются сквозные и перевязочные швы рассматриваемых фрагментов и моделей кладок, выполненных в виде тонкослойного клевого раствора и полиуретанового клея в связи с разницей их теплофизических характеристик по отношению к ячеистому бетону и малой долей швов на единицу площади поверхности рассматриваемых фрагментов.

Обозначенные фрагменты газобетонных кладок представлены следующими видами однородной части конструкции:

– участок перевязки горизонтальных рядов кладки в виде сквозного горизонтального шва (рис. 4, 1);

– участок кладки в виде слоистой конструкции, состоящей из двух вертикальных рядов ячеистобетонных блоков, соединяемых между собой тонким слоем клевого раствора (рис. 4, 2);

– участок перевязки вертикальных швов кладки (рис. 4, 2).

Поскольку точечные теплотехнические неоднородности в рассматриваемых фрагментах и моделях отсутствует, $\sum N_k K_k = 0$.

Экспериментальные исследования проводились на измерителе теплопроводности ИТП МГ-4. Разница температур холодильника и нагревателя установки при проведении эксперимента составляла 30 °C .

Результаты расчетно-экспериментальной оценки приведенного сопротивления теплопередаче фрагментов ячеистобетонной кладки в виде сквозных швов и участков их перевязки представлены на рис. 5.

Из данных, представленных на рис. 5, можно сделать вывод о том, что наилучшие теплотехнические показатели у модели кладки *a* в связи с отсутствием у данной модели сквозных швов, являющимися теплопроводными включениями, на $10 \dots 30 \%$ по сравнению с моделью кладки *b*, обладающей одним сквозным швом. Следует отметить, что теплотехнические показатели модели кладки *c*, обладающей тремя участками перевязки блоков, сопоставимы с показателями модели кладки *b* с одним сквозным швом. Также по данным исследований, наименее энергоэффективной является модель кладки *d*, теплотехнические характеристики которой уступают модели кладки *c* с несквозными швами на $10 \dots 25 \%$.

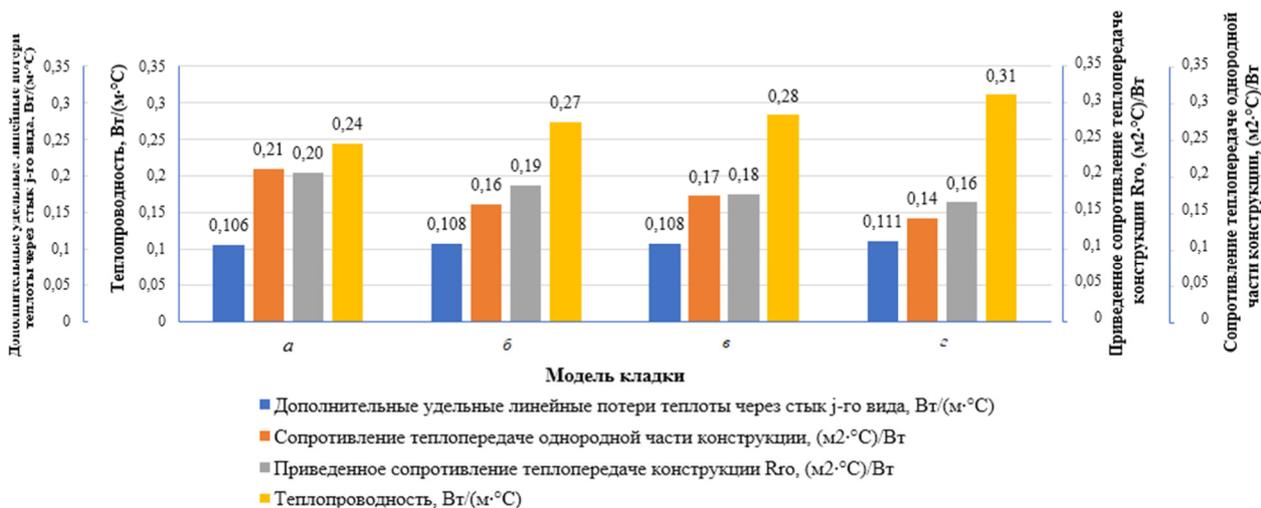


Рис. 5. Средние значения основных теплотехнических показателей моделей кладки: а – в виде перевязки фрагментов блоков с одним несквозным швом; б – в виде одного сквозного шва; в – в виде перевязки фрагментов блоков с тремя несквозными швами; з – в виде двух сквозных швов

Результаты расчетно-экспериментальной оценки фрагментов двухрядных ячеистобетонных кладок, включающей определение приведенного сопротивления теплопередаче, линейных

потерь через стык и коэффициента теплопроводности, представлены на рис. 6.

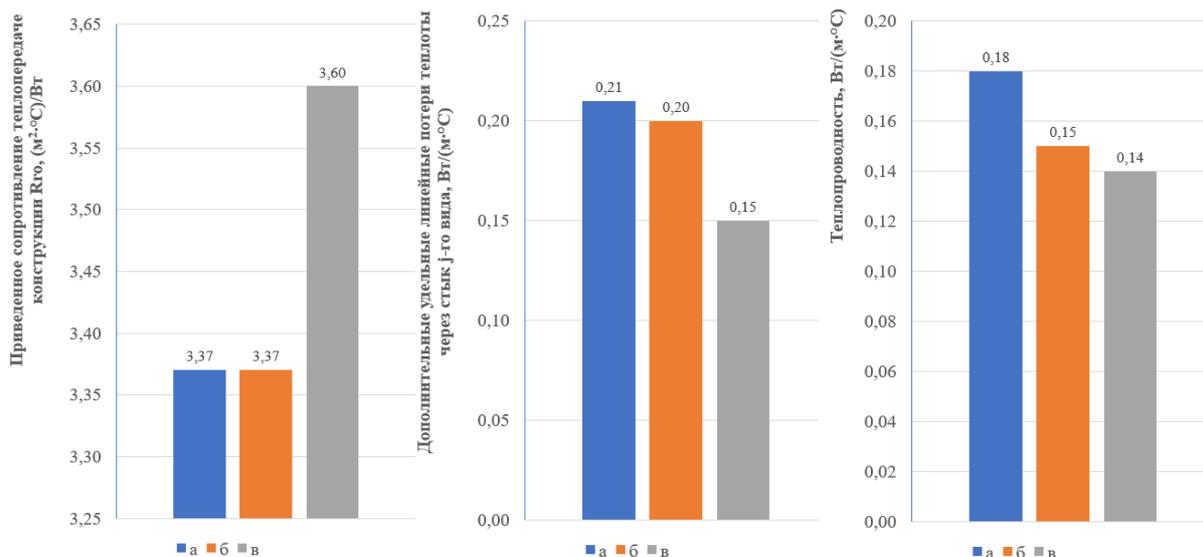


Рис. 6. Средние значения основных теплотехнических показателей исследования двухрядных стеновых конструкций из ячеистобетонных блоков: а – газобетонная кладка с поперечной перевязкой через ряд; б – энергоэффективная кладка на тонкослойном клеевом растворе; в – энергоэффективная кладка на полиуретановом клее

Из данных, представленных на рис. 6, можно сделать вывод о том, что разработанная авторами энергоэффективная двухрядная кладка стен имеет такое же приведенное сопротивление теплопередаче, что и газобетонная кладка с поперечной перевязкой через ряд, имеющая толщину, превышающую рассматриваемую в 1,2 раза. Следует отметить, что теплотехнические показатели модели кладки с, швы которой выполнены из полиуретанового клея, приведенное сопротивление

теплопередаче на 7 % выше аналогичной на тонком клеевом растворе, а дополнительные удельные потери теплоты ниже на 30...40 % в сравнении с рассматриваемыми фрагментами, что говорит о повышенной теплотехнической однородности полиуретанового клея и ячеистобетонного блока.

Выводы. Разработана и запроектирована энергоэффективная двухрядная газобетонная кладка для возведения ограждающих стеновых

конструкций, обладающая минимальным количеством сквозных швов. Для определения влияния сквозных швов на теплотехнические показатели кладки были возведены модели конструкции на участке сквозного шва и на участке перевязки блоков. После проведения расчетных и экспериментальных исследований и обработки результатов установлено, что уменьшение количества сквозных горизонтальных швов повышают энергоэффективность стеновых конструкций на 10...30 %.

Применение разработанной авторами энергоэффективной двухрядной газобетонной кладки позволяет повысить теплозащитные свойства стеновой конструкции за счет уменьшения теплопроводных включений в виде сквозных швов, а также снизить материалоемкость и, следовательно, трудоемкость возведения ограждающей конструкции за счет уменьшения толщины кладки при обеспечении требуемых эксплуатационных характеристик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Grinfeld G.I. Performance Characteristics of Autoclaved Aerated Concrete with Density 400 kg/cub.m // Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. No. 5(10). Pp. 28–57.
2. Гущин С.В., Семенов А.С., Чхао Шень. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. № 5. 2020. С. 31–43. doi:10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43
3. Карпов Д.Ф. Применение активного и пассивного теплового контроля в дефектоскопии строительных материалов и изделий, ограждающих конструкций зданий и сооружений // Строительные материалы и изделия. 2019. Т. 2, № 4. С. 39–44. doi:10.34031/2618-7183-2019-2-4-39-44
4. Stritih U. Heat Transfer Enhancement in Latent Heat Thermal Storage System for Buildings // Energy and Buildings. 2003. No. 35(11). Pp. 1097–1104. doi:10.1016/j.enbuild.2003.07.001
5. Harmati N., Jakšić Ž., Vatin N. Energy consumption modelling via heat balance method for energy performance of a building // In: Procedia Engineering. 2015. Pp. 786–794. doi:10.1016/j.proeng.2015.08.238
6. Vatin N., Gamayunova O. Energy saving at home // In: Applied Mechanics and Materials. Vols. 672-674 2014. Pp 550–553. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.672-674.550
7. Girault M., Petit D. Identification methods in nonlinear heat conduction. Part II: inverse problem using a reduced model // Int. Journal of Heat and Mass. 48(1). 2005. Pp 119–133. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2004.06.033
8. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Suleymanov K.A. Energy efficiency improvement of aerated concrete block wall fences // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 945. 012006. doi:10.1088/1757-899X/945/1/012006
9. Siu W.M. Discrete Formulation Using Thermal Resistance for Conduction Heat Transfer Analysis of Sphere Packings. The Hong Kong University of Science and Technology Library. 2001. 144 p. doi:10.14711/thesis-b710751
10. Peng P.F., Qin X.M., Wu Y.S. Performance Study on Masonries of Different Aerated Concrete Blocks // Key Engineering Materials. 2014. 633. Pp. 299–302.
11. Tsilingiris P.T. Parametric Space Distribution Effects of Wall Heat Capacity and Thermal Resistance on the Dynamic Thermal Behavior of Walls and Structures // Energy and Buildings. No. 38(10), 2006. Pp 1200–1211. doi:10.1016/J.ENBUILD.2006.02.007
12. Ahmed A. Sustainable Construction Using Autoclaved Aerated Concrete (Aircrete) Blocks // Research & Development in Material Science. 2017. № 1(4). Pp. 000518. doi:10.31031/RDMS.2017.01.000518
13. Yang F., Sun L.Z., Xie Z. L. Theoretical Study on Optimal Design of Thermal Performance of Aerated Concrete-Based Composite Thermal Insulation Wall // Advanced Materials Research. 2012. 450–451. Pp. 663–666. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.450-451.663
14. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Marushko M.V., Ryabchevskiy I.S. Energy-efficient double-row masonry of the exterior walls in the buildings made of cellular concrete blocks // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 913. 022044. doi:10.1088/1757-899X/913/2/022044
15. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Ryabchevskiy I.S. Energy efficient stone cellular concrete masonry on polyurethane adhesive // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. 151. Pp. 55–65. doi:10.1007/978-3-030-72910-3_8

Информация об авторах

Сулейманов Карим Абдуллаевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: karimsuleymanov@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Погорелова Инна Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: innapogorelova@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Рябчевский Игорь Сергеевич, ассистент кафедры строительства и городского хозяйства. E-mail: kloud09@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 23.11.2021 г.

© Сулейманов К.А., Погорелова И.А., Рябчевский И.С., 2022

Suleymanov K.A., Pogorelova I.A., *Ryabchevskiy I.S.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
*E-mail: kloud09@mail.ru

INCREASING THE THERMAL UNIFORMITY OF WALLS MADE OF CELLULAR CONCRETE BLOCKS

Abstract. The development of effective protecting structures is currently one of the most popular areas in the construction industry. Masonry made of aerated concrete blocks is used in conditions of ensuring energy efficiency and environmental safety in the construction of civil buildings as enclosing structures. It has high thermal protection properties. The issue of filling through seams of aerated concrete masonry is acute, since adhesive and cement-sand mortars in masonry have low thermal conductivity and are temperature bridges. The authors have developed a two-row energy-efficient wall masonry made of aerated concrete blocks using polyurethane glue as a filler for through and dressing joints. The article discusses the effect of horizontal through joints made of cement-sand mortar and blocking of blocks on the resistance to heat transfer of masonry from aerated concrete blocks. In addition, it presents a study of the reduced resistance to heat transfer of the enclosing structure, taking into account heat-conducting inclusions, presented in the form of a traditional two-row aerated concrete masonry through a row, made on a thin-layer adhesive solution, as well as the masonry developed by the authors. It is concluded that the energy efficiency of the developed wall fencing is ensured due to the increased thermal homogeneity of the masonry.

Keywords: aerated concrete, masonry, heat engineering uniformity, polyurethane glue, reduced heat transfer resistance.

REFERENCES

1. Grinfeld G.I. Performance Characteristics of Autoclaved Aerated Concrete with Density 400 kg/cub.m. Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. No. 5(10). Pp. 28–57.

2. Gushchin S.V., Semenenko A.S., Shen C. World trends in the development of energy-saving technologies [Mirovye tendencii razvitiya energosberegayushchih tekhnologij]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 5. Pp. 31–43. doi:10.34031/2071-7318-2020-5-5-31-43 (rus)

3. Karpov D.F. Application of active and passive thermal control in the flaw detection of building materials and products, protecting structures of buildings and structures [Primenenie aktivnogo i passivnogo teplovogo kontrolya v defektoskopii stroitel'nyh materialov i izdelij, ograzhdayushchih konstrukcij zdaniy i sooruzhenij]. Construction Materials and Products. 2019. Vol. 2, No. 4. Pp. 39–44. doi:10.34031/2618-7183-2019-2-4-39-44 (rus)

4. Stritih U. Heat Transfer Enhancement in Latent Heat Thermal Storage System for Buildings. Energy and Buildings. 2003. 35(11). Pp. 1097–1104. doi:10.1016/j.enbuild.2003.07.001

5. Harmati N., Jakšić Ž., Vatin N. Energy consumption modelling via heat balance method for energy performance of a building. In: Procedia Engineering. 2015. Pp. 786–794. doi:10.1016/j.proeng.2015.08.238

6. Vatin N., Gamayunova O. Energy saving at home. In: Applied Mechanics and Materials. Vols. 672-674 2014. Pp 550–553. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.672-674.550

7. Girault M., Petit D. Identification methods in nonlinear heat conduction. Part II: inverse problem using a reduced model. Int. Journal of Heat and Mass. 2005. 48(1). Pp 119–133. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2004.06.033

8. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Suleymanov K.A. Energy efficiency improvement of aerated concrete block wall fences. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 945. 012006. doi:10.1088/1757-899X/945/1/012006

9. Siu W.M. Discrete Formulation Using Thermal Resistance for Conduction Heat Transfer Analysis of Sphere Packings. The Hong Kong University of Science and Technology Library. 2001. 144 p. doi:http://dx.doi.org/10.14711/thesis-b710751

10. Peng P.F., Qin X.M., Wu Y.S. Performance Study on Masonries of Different Aerated Concrete

Blocks. Key Engineering Materials. 2014. 633. Pp. 299–302.

11. Tsilingiris P.T. Parametric Space Distribution Effects of Wall Heat Capacity and Thermal Resistance on the Dynamic Thermal Behavior of Walls and Structures. Energy and Buildings. 2006. 38(10). Pp 1200–1211. doi:10.1016/J.ENBUILD.2006.02.007

12. Ahmed A. Sustainable Construction Using Autoclaved Aerated Concrete (Aircrete) Blocks. Research & Development in Material Science. 2017. No. 1(4). Pp. 000518. doi:10.31031/RDMS.2017.01.000518

13. Yang F., Sun L.Z., Xie Z. L. Theoretical Study on Optimal Design of Thermal Performance of

Aerated Concrete-Based Composite Thermal Insulation Wall. Advanced Materials Research. 2012. 450–451. Pp. 663–666. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.450-451.663

14. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Marushko M.V., Ryabchevskiy I.S. Energy-efficient double-row masonry of the exterior walls in the buildings made of cellular concrete blocks. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. No. 913. 022044. doi:10.1088/1757-899X/913/2/022044

15. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Ryabchevskiy I.S. Energy efficient stone cellular concrete masonry on polyurethane adhesive. Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. 151. Pp. 55–65. doi:10.1007/978-3-030-72910-3_8

Information about the authors

Suleymanov, Karim A. Postgraduate student. E-mail: karimsuleymanov@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Pogorelova, Inna A. PhD, Assistant professor. E-mail: innapogorelova@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Ryabchevskiy, Igor S. Assistant. E-mail: kloud09@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 23.11.2021

Для цитирования:

Сулейманов К.А., Погорелова И.А., Рябчевский И.С. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных блоков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 5. С. 17–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-5-17-24

For citation:

Suleymanov K.A., Pogorelova I.A., Ryabchevskiy I.S. Increasing the thermal uniformity of walls made of cellular concrete blocks. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 5. Pp. 17–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-5-17-24