

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ



УДК 665.939.57

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ ОДНОКОМПОНЕНТНОЙ КЛЕЙ-ПЕНЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ГАЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕМЫЧЕК

*А.В. Левиков, А.В. Гавриленко**Тверской государственной технической университет (г. Тверь)*

© Левиков А.В., Гавриленко А.В., 2023

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального испытания перемычки на изгиб из газобетонных блоков, которая изготовлена с применением только пенополиуретановой клей-пены для кладки без использования арматуры, дополнительных металлических прокатных профилей и классических кладочных растворов. Исследование разрушенных образцов выявило достаточность адгезии клей-пены к газобетону под нагрузкой. Отмечено, что газобетонная клееная перемычка способна выдержать распределенную нагрузку до 100 кг/м, однако характер разрушения хрупкий, что не позволяет рекомендовать использование подобных перемычек на практике. Приведены комплексные предложения по совершенствованию конструкции соединяемых с помощью клей-пены заготовок, которые могут предотвратить хрупкий характер разрушения в процессе дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

Ключевые слова: полиуретановая клей-пена, газобетонные блоки, перемычка.

DOI: 10.46573/2658-7459-2023-3-83-89

ВВЕДЕНИЕ

Стеновая кладка из блоков ячеистого бетона (газобетонных блоков) занимает лидирующие позиции в домостроении на территории России, начиная с современных высотных жилых и общественных зданий и заканчивая средним и малоэтажным частным домостроением [5]. Такую широкую востребованность на строительном рынке кладка из газобетона получила благодаря своим теплоизолирующим (в сравнении с другими разновидностями конструкционных изделий) свойствам. Относительно невысокая теплопроводность ячеистого бетона позволяет применять блоки для наружных ограждающих конструкций без использования дополнительного фасадного утепления (или с незначительным его количеством) как энергоэффективную кладку. Использование жаростойких блоков, растворов и огнеупорных клеев дает возможность применять кладку из блоков даже в промышленных зданиях [3].

Тем не менее в кладке из блоков (как из штучных материалов) образуются «мостики холода» при применении растворных скрепляющих швов между блоками, выполненные на цементно-песчаных или клеевых растворах. Проблема значительных «мостиков холода» в скрепляющих швах решается путем использования полиуретанового

клея для скрепления блоков в кладке [6]. Помимо этого, в процессе просыхания блоков в кладке, смонтированной на традиционные растворы, блоки уменьшаются в объеме за счет потери производственной влажности, вследствие чего образуются щели в вертикальных швах (кладка дает усадку) [4]. Применение полиуретанового клея исключает образование щелей и неплотностей в вертикальных швах в процессе усадки благодаря превосходной адгезии и возможности деформации шва по блоку. Учитывая темпы развития промышленного производства полиуретановых клеев, можно предположить, что в будущем оно будет полностью экологичным и безопасным для человека [7].

Нерешенным и неисследованным остается вопрос образования «мостиков холода» в местах устройства кладки блоков на монтажную клей-пену в зоне перемычек над оконными и дверными проемами, в которых, помимо блока и клей-пены, используются инородные материалы (арматура, прокатный профиль).

Цель испытания заключается в поиске альтернативного решения устройства перемычки в стенах и перегородках из блоков газобетона со швами полиуретановой клей-пены без использования арматурных каркасов и металлического профилированного проката, а также клеевых и цементных кладочных растворов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения испытания использовался профессиональный универсальный полиуретановый однокомпонентный клей (табл. 1) для кладки силикатных блоков, гипсовых плит, газобетона, шлакоблоков, пеноблоков, арболита и кирпича (табл. 2). Клей для кладки испытан в соответствии с действующим ГОСТ 14760-69 [1].

В состав однокомпонентного клея включен жидкий полиуретан с изоцианатами. При контакте с водой или воздушной влагой образуются мочевиные группы, которые обеспечивают прочность сцепления. Скорость отверждения полиуретанового клея зависит от количества изоцианата в его составе, который, в свою очередь, влияет на жесткость и вязкость клея. Показатели полимерных клеев устанавливаются по ГОСТ 30535-97 [2].

Однокомпонентный клей выпущен в готовом для применения виде. Полимеризация зависит от наличия влаги. Влажность воздуха при проведении работ с клеем составляла 54 %, что позволяет последнему отлично вспениваться и полимеризоваться. Температура в помещении была +19 °С. Перед применением баллон с клей-пенной тщательно встряхнули, сняли с него защитный колпачок и навинтили монтажный пистолет.

Таблица 1

Технические характеристики используемого в исследовании
пенополиуретанового однокомпонентного клея

Характеристика	Значение характеристики
Основа	Полиуретановый преполимер
Механизм отверждения	Полимеризация от влаги в воздухе
Коэффициент теплопроводности, λ	0,003 5 Вт/(м·К)
Время отверждения (при 22 °С / относительной влажности 65 %)	35 мин
Время полного отверждения	12 ч
Термостойкость	от –60 до +100 °С
Время для корректировки	7–10 мин
Температура воздуха и основания	От –5 до +35 °С

Таблица 2

Параметры адгезии используемого в исследовании
пенополиуретанового однокомпонентного клея

Материал	Прочность клеевого соединения при отрыве σ отр, МПа
Арболитовые блоки	0,163
Газосиликатные блоки	0,216
Пеноблоки	0,138
Газобетонные блоки	0,179
Пазогребневые плиты	0,188

Для проведения исследования были закуплены газобетонные блоки плотностью D400 с классом прочности B2,0 и изготовлены 6 заготовок сечением $l \times b \times h = 600 \times 100 \times 250$ мм для склеивания трех образцов перемычек. Торцевые склеиваемые поверхности заготовок были очищены от пыли и увлажнены мокрой тканью. При толщине заготовки 100 мм клей-пену, согласно рекомендациям производителя, наносят одной полосой (рис. 1).



Рис. 1. Процесс нанесения клей-пены на газобетонные заготовки

Количество наносимого клея оценивалось исходя из условия, чтобы после соединения составляющих заготовок перемычки клей-пена покрывала склеиваемые поверхности не менее чем на 70 %. После соединения заготовок выполнялась корректировка положения блоков в течение 1–2 мин, что допустимо (верхняя граница – до 7–10 мин). В итоге было изготовлено три перемычки сечением $l \times b \times h = 1\,200 \times 100 \times 250$ мм (рис. 2).

Контроль прочности материала блоков и их плотности производился путем взвешивания и испытания на сжатие четырех образцов с номинальными размерами $100 \times 100 \times 100$ мм. По результатам испытаний средняя фактическая плотность материала блока оказалась равной $444,7 \text{ кг/м}^3$, а прочность при сжатии составила $0,21 \text{ кН/см}^2$, что соответствует параметрам закупленного блока D400 B2.0.



Рис. 2. Процесс корректировки положения заготовок и твердения перемычек

Спустя 24 ч после склеивания, что достаточно для полного отверждения клея, три перемычки были испытаны на изгиб. Испытание образцов проводилось по расчетной схеме свободно опертой шарнирной балки. Нагрузка прикладывалась к перемычкам ступенчато при помощи гидравлического домкрата в двух точках через траверсу (рис. 3). К образцам нагрузка прикладывалась ступенями. Величина приложенного усилия контролировалась динамометром системы Токаря на 0,3 тс, прогиб измерялся в середине пролета при помощи прогибомера ПМ-3 с ценой деления 0,1 мм.



Рис. 3. Общий вид перемычки, помещенной в испытательную установку

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

По результатам испытания перемычек на изгиб, изготовленных только с применением пенополиуретановой клей-пены, средняя суммарная предельная внешняя нагрузка составила 106,1 кг; средний предельный момент сечения (без учета собственного веса) – 1 910,9 кг·см; средний прогиб ступени нагружения, предшествующий разрушению, был равен 0,7 мм.

Исследуемые образцы разрушились в середине пролета (разрушение – хрупкое). При детальном изучении среза перемычек было выявлено, что разрушение произошло из-за отслоения тонкого слоя газобетонного блока толщиной менее 1 мм (рис. 4), а клеевой шов сохранился и соответствует адгезионным свойствам клей-пены, указанным в табл. 2. Разрушение в зоне клеевого шва могло произойти из-за не 100%-го нанесения клей-пены в зоны стыковки заготовок перемычек.



Рис. 4. Типичный характер разрушения исследуемых перемычек

Результаты исследования показали, что изготовление перемычек только с применением однокомпонентной полиуретановой клей-пены в настоящий момент не может быть рекомендовано в связи со сколом слоя блока в зоне клеевого шва и хрупким характером разрушения перемычки в целом.

С целью дальнейшего изучения перемычек на клей-пене требуется проведение дополнительных исследований. В частности, для предотвращения скола части блока образцов в зоне клеевого шва предлагается, во-первых, увеличить площадь контакта клей-пены между образцами с рекомендованных не менее 70 % до 100 % путем нанесения избыточного количества пены для создания максимально однородного сечения блока, а во-вторых, увеличить глубину проникновения клей-пены в зоне контакта с блоком путем перфорации, устройства штроб или канавок в заготовках, которые будут заполнены пеной в процессе изготовления перемычки. Для устранения хрупкого характера разрушения предлагается рассмотреть устройство полос из пенополиуретановой клей-пены в растянутой зоне, имитирующих действие арматурных стержней в классических железобетонных перемычках, и провести новое исследование эффективности данного решения.

Актуальность использования полиуретановой клей-пены при кладке газобетонных блоков и изготовление перемычек без использования арматурных каркасов и металлического профилированного проката будет только расти ввиду увеличения темпов гражданского строительства. На данный момент требуются дополнительные теоретические и экспериментальные изыскания в вопросе применения пенополиуретановой однокомпонентной клей-пены при изготовлении газобетонных перемычек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 14760-69. Клеи. Метод определения прочности при отрыве: утвержден и введен в действие Госстандартом СССР от 01.01.1970. М.: Стандартинформ. 1970. 7 с.
2. ГОСТ 30535-97. Клеи полимерные. Номенклатура показателей: утвержден и введен в действие Госстандартом России от 01.01.2002. М.: Стандартинформ. 2002. 12 с.

3. Абызов В.А., Клинов О.А., Ряховский Е.Н. Основные направления повышения качества и расширения номенклатуры жаростойких растворов и огнеупорных клеев // *Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура*. 2007. № 14 (86). С. 37–39.
4. Физико-химические факторы, влияющие на эксплуатационное состояние и долговечность наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков / В.В. Бабков, А.И. Габитов, Д.В. Кузнецов, А.М. Гайсин, О.А. Резвов // *Башкирский химический журнал*. 2010. № 5. С. 155–158.
5. Горшков А.С., Ватин Н.И. Свойства стеновых конструкций из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановом клею // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. № 5 (40). С. 5–19.
6. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеисто-бетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея / А.С. Горшков, Г.И. Гринфельд, В.Е. Мишин, Е.С. Никифоров, Н.И. Ватин // *Строительные материалы*. 2014. № 5. С. 57–64.
7. Промышленное производство и применение водных полиуретановых дисперсий / К.В. Голованова, Д.Е. Михайлов, А.Ю. Маляшова, Л.А. Зенитова // *Вестник Казанского технологического университета*. 2017. № 14. С. 38–43.
8. Деркач В.Н. Прочность и деформативность каменной кладки из ячеисто-бетонных блоков автоклавного твердения на полиуретановых швах. Часть 2. Прочность на растяжение при изгибе // *Строительные материалы*. 2017. № 7. С. 30–33.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ЛЕВИКОВ Александр Валерьевич – кандидат философских наук, доцент кафедры «Конструкции и сооружения», ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: leviksa@mail.ru
ГАВРИЛЕНКО Алексей Владимирович – старший преподаватель кафедры «Конструкции и сооружения», ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: gawaw@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Левиков А.В., Гавриленко А.В. К вопросу использования полиуретановой однокомпонентной клей-пены при изготовлении газобетонных перемычек // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2023. № 3 (19). С. 83–89.

ON THE USE OF POLYURETHANE SINGLE-COMPONENT ADHESIVE FOAM IN THE MANUFACTURE OF AERATED CONCRETE JUMPERS

A.V. Levikov, A.V. Gavrilenko
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The article presents the results of experimental bending test of a lintel made of aerated concrete blocks, which is made using only polyurethane foam adhesive foam for masonry without the use of reinforcement, additional metal rolled profiles and classical masonry mortars.

Examination of the destroyed specimens revealed sufficient adhesion of the adhesive foam to the aerated concrete under load. It is noted that the aerated concrete glued lintel is able to withstand a distributed load up to 100 kg/m, but the nature of the failure is brittle, which does not allow recommending the use of such lintels in practice. Comprehensive proposals for improving the design of glue-foam bonded blanks, which can prevent brittle fracture character in the process of additional theoretical and experimental studies, are given.

Keywords: polyurethane adhesive foam, aerated concrete blocks, lintel.

REFERENCES

1. State Standard 14760-69. Adhesives. Method for determining the strength at separation. Moscow: Standartinform Publ. 1970. 7 p. (In Russian).
2. State Standard 30535-97. Polymer adhesives. Nomenclature of indicators. Moscow: Standartinform Publ. 2002. 12 p. (In Russian).
3. Abyzov V.A., Klinov O.A., Ryakhovsky E.N. The main directions of improving the quality and expanding the nomenclature of heat-resistant solutions and refractory adhesives. *Vestnik YuUrGU. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2007. No. 14 (86), pp. 37–39. (In Russian)
4. Physico-chemical factors affecting the operational condition and durability of external walls of buildings based on autoclaved aerated concrete blocks / V.V. Babkov, A.I. Gabitov, D.V. Kuznetsov, A.M. Gaisin, O.A. Rezvov. *Bashkirskij himicheskij zhurnal*. 2010. No. 5, pp. 155–158. (In Russian).
5. Gorshkov A.S., Vatin N.I. Properties of wall structures made of cellular concrete products of autoclave hardening on polyurethane glue. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2013. No. 5 (40), pp. 5–19. (In Russian).
6. Increasing the thermal uniformity of walls made of cellular concrete products due to the use of polyurethane glue in masonry / A.S. Gorshkov, G.I. Grinfeld, V.E. Mishin, E.S. Nikiforov, N.I. Vatin. *Stroitel'nye materialy*. 2014. No. 5, pp. 57–64. (In Russian).
7. Industrial production and application of aqueous polyurethane dispersions / K.V. Golovanova, D.E. Mikhailov, A.Yu. Malyashova, L.A. Zenitova. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2017. No.14, pp. 38–43. (In Russian).
8. Derkach V.N. Strength and deformability of masonry made of cellular concrete blocks of autoclave hardening on polyurethane seams. Part 2. Tensile strength in bending. *Stroitel'nye materialy*. 2017. No. 7, pp. 30–33. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

LEVIKOV Alexander Valeryevich – Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: leviksa@mail.ru

GAVRILENKO Alexey Vladimirovich – Senior Teacher of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: GavrilenkoAV@tstu.tver.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Levnikov A.V., Gavrilenko A.V. On the use of polyurethane single-component adhesive foam in the manufacture of aerated concrete jumpers // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2023. No. 3 (19), pp. 83–89.