

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

*Клочков А. В., аспирант,
Строкова В. В., д-р техн. наук, проф,
Павленко Н. В., канд. техн. наук, инж.,*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

IPklochkov@gmail.com

Изучены деформационные характеристики растворов с использованием различного количества алюмосиликатных микросфер и особенностей влияния этих характеристик на прочностные показатели стеновой конструкции, выявлена зависимость снижения теплопроводности от процентного соотношения песок-микросферы, что позволило судить о пригодности использования микросфер, как теплоизоляционного компонента растворной смеси.

Ключевые слова: *алюмосиликатные микросферы, кладочный раствор, растворный шов, деформационные характеристики, прочность стеновой конструкции.*

Возведение стеновых конструкций, обладающих высокими прочностными и теплоизоляционными характеристиками, является важным аспектом при строительстве современных зданий и сооружений. Стеновую конструкцию стоит рассматривать как композиционный материал, состоящий из кладочных элементов и раствора, прочностные и деформационные характеристики которых зачастую не соответствуют [1–3].

В связи с этим актуальным является проектирование составов и подбор кладочных растворов с учетом основных технико-эксплуатационных характеристик стенового материала. Одним из наиболее важных аспектов является сохранение и максимальное использование запаса прочности стенового материала при совместной работе с кладочным раствором, при использовании теплоизоляционных строительных блоков применение раствора с соответствующими характеристиками по теплопроводности.

При применении кладочных растворов традиционного цементно-песчаного состава, общая теплоизоляция здания снижается на 30 %, в сравнении с монолитной конструкцией стены, что обусловлено формированием участков, на которых из-за нарушения непрерывности теплоизоляционной оболочки происходит повышенная теплоотдача [4–6], так называемые "мостики холода". В условиях ужесточения требований к теплозащите, отдельные "мостики холода" оказывают большое влияние на теплотехнические параметры фасада здания. Перспективный путь решения этой проблемы – применение теплоизоляционных кладочных растворов.

При разработке кладочных смесей, имеющих теплоизоляционное назначение в основном используются высокопористые сыпучие материалы с низкой насыпной плотностью [7]. Одним из применимых легких заполнителей являются полые микросферы. Растворы с их применением обладают высокими показателями временного сопротивления разрушению, при сравнительно низких показателях теплопроводности [7–11]. Полые микросферы представляют собой сферические частицы диаметром до 0,5 мм наполненные газом, с насыпной плотностью не более 500 кг/м³. Введение микросфер в кладочный раствор позволяет улучшить его теплоизоляционные характеристики, и тем самым снизить теплопотери стеновой конструкции. Однако, замена песчаной составляющей на алюмосиликатные микросферы не всегда является целесообразной. Анализ исследований динамики изменения теплопроводности раствора при варьировании количества микросфер позволяет осуществлять подбор растворов, с учетом тепло-физических характеристик стенового материала (рис. 1).

При подборе теплоизоляционного кладочного раствора необходимо сопоставлять теплопроводность стенового камня и кладочного раствора, для обеспечения однородной теплопередачи через стеновую конструкцию (табл. 1).

При строительстве зданий, отвечающих современным требованиям, в качестве теплоизоляционно-конструкционных стеновых материалов применимы газосиликатные, пенобетонные и керамзитобетонные блоки.

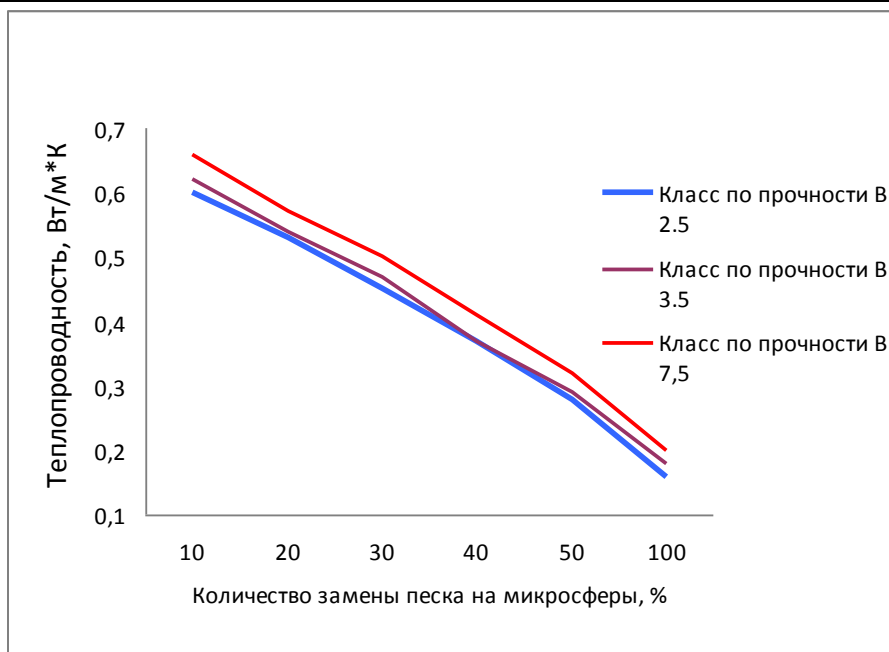


Рис. 1. Зависимость изменения теплопроводности от класса по прочности и дозировки микросфер

Таблица 1

Теплопроводность теплоизоляционных стеновых материалов различного класса по прочности

| Тип стенового материала | Теплопроводность, Вт/м·К | | |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Класс по прочности при сжатии В 2,5 | Класс по прочности при сжатии В 3,5 | Класс по прочности при сжатии В 7,5 |
| Пенобетон | 0,16 | 0,17 | 0,35 |
| Газосиликат | 0,14 | 0,15 | - |
| Керамзитобетон | - | - | 0,33 |

Из приведенных данных видно, что при использовании в качестве стенового материала пенобетона или газосиликата актуально применение кладочного раствора с полной заменой песка легким заполнителем. При применении керамзитобетонных блоков рационально использовать раствор с заменой 50 % песка микросферами, что обеспечивает монолитность конструкции, снижает теплотери при эксплуатации зданий.

Путь повышения прочности стеновой конструкции, за счет использования качественных кладочных растворов и формирования бездефектных растворных швов является наиболее перспективным.

При рассмотрении стеновой конструкции можно выделить три основных аспекта, оказывающих наибольшее влияние на прочность стены: прочностные характеристики штучных стеновых материалов, кладочного раствора и контактного слоя раствора с основным материалом. В большинстве случаев применение теплоизоляционных кладочных растворов не обеспечивает требуемый запас прочности. Степень влияния

прочностных характеристик растворной составляющей стеновой конструкции, напрямую зависит от адгезии раствора к поверхности основного материала и разности модулей деформаций стенового материала и используемого раствора.

Общая деформация кладки значительно больше деформаций камня и раствора, испытываемых отдельно [1, 3, 5]. Для решения данной проблемы необходимо осуществлять подбор состава кладочного раствора, путем дифференцирования показателей модуля деформаций, что позволит максимально использовать прочность материалов при совместной работе в одном направлении. При анализе деформационных характеристик традиционных кладочных растворов и строительных материалов, применимых при возведении стеновых конструкций, наблюдается несоответствие. Модуль деформации цементно-песчаного раствора составляет 2000 МПа, а модуль деформации керамического кирпича 4000 МПа [1,3]. Это приводит к снижению прочности стеновой конструкции, что обосновано нестабильностью ее свойств. По экспериментальным данным модули деформаций пенобето-

на, газосиликата и керамзитобетона равны 2300, 1600 и 3300 МПа при этом для создания синергетического эффекта стеновых материалов с кладочными растворами необходимо применение растворов модуль деформаций которых равен или приближен к 2300, 1600 и 3300 МПа соответственно.

Использование в качестве легкого заполнителя при получении растворных смесей полых алюмосиликатных микросфер, входящих в состав отходов теплоэлектростанций, позволит повысить прочностные характеристики в сравнении с растворами на вспученных перлитах и вермикулитах [4]. Соответственно применение теплоизоляционно-конструкционных кладочных растворов с использованием легкого заполните-

ля является наиболее целесообразным при использовании в качестве основного стенового материала пенобетона, газосиликата и керамзитобетона (табл. 2).

Для создания стеновой конструкции с высокой деформативной стойкостью, необходимо осуществлять подбор кладочного раствора и стенового материала с учетом сопоставимости их модулей деформации. Таким образом будут определены напряжения, возникающие при совместной работе компонентов стены.

$$\frac{\sigma_{\text{Стен.констр}}^{\text{доп}}}{\sigma_{\text{раств}}^{\text{доп}}} = \frac{E_{\text{Стен.констр.}}}{E_{\text{раств}}}$$

Таблица 2

Модули деформаций теплоизоляционно-конструкционного раствора с различным количеством микросфер

| Процент замены песка на микросферы по объему | Модуль деформации, МПа | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Класс по прочности В 2,5 | Класс по прочности В 3,5 | Класс по прочности В 7,5 |
| 10 | 1950 | 1980 | 2150 |
| 20 | 1867 | 1892 | 1962 |
| 30 | 1788 | 1802 | 1895 |
| 40 | 1692 | 1735 | 1865 |
| 50 | 1603 | 1661 | 1824 |
| 100 | 1213 | 1312 | 1542 |

Исходя из экспериментальных данных значений модулей деформаций кладочных растворов, видно, что в кладки из пенобетонных блоков для получения синергетического эффекта работы составляющих, необходимо использовать раствор с 50 % заменой песка на микросферы. Для газосиликатных блоков необходимо использовать раствор со 100 % заменой песчаной составляющей на микросферы, а для керамзитобетонных блоков замену песка на микросферы необходимо варьировать в диапазоне 10...50%. Результат проведенных исследований позволяет производить подбор составов растворов, варьируя одновременно параметрами прочности и теплопроводности, прогнозируя характер работы раствора и стенового материала в одной конструкции.

При оптимальном подборе кладочного раствора к стеновому материалу прочность кон-

струкции достигает класса по прочности ее составляющих. Экспериментально подтверждено, что использование микросфер, позволяет снизить модуль деформации кладочного раствора, ввиду этого уменьшаются напряжения в стеновой конструкции из теплоизоляционно-конструкционных материалов, что обеспечивает омоноличивание кладки.

Увеличение прочностных характеристик стеновой конструкции не влияет на снижение теплоизоляции зданий, так как подобранные составы обеспечивают максимально возможную теплоизоляцию для выбранного прочностного диапазона (рис. 1). Увеличение прочностных характеристик стеновой конструкции подтверждается экспериментальными данными (табл. 3).

Таблица 3

Прочность стеновых конструкций на теплоизоляционном растворе с близкими по значению модулями деформаций

| Модуль деформации кладочного раствора | Прочность стены из газосиликатных блоков, МПа | Прочность стены из пенобетонных блоков, МПа | Прочность стены из керамзитобетонных блоков, МПа |
|---------------------------------------|---|---|--|
| 2150 | 2,2 | 3,1 | 9,6 |
| 1542 | 2,4 | 3,0 | 8,2 |
| 1661 | 2,3 | 3,5 | 7,7 |

Проведенные исследования свидетельствуют, что совместное применение методики расчета прочности стеновой конструкции посредством расчетов модулей деформаций её составляющих и соотношения теплопроводностей материалов эффективно при подборе теплоизоляционно-конструкционного раствора и расчете технико-эксплуатационных характеристик стеновой конструкции.

**Работа выполнена в рамках реализации: Программы стратегического развития БГТУ им. В. Г. Шухова и гранта РФФИ «Разработка новых подходов к созданию нано- и микроструктурированных строительных композитов на основе природных и техногенных полуфункциональных прото- и сингенетических систем» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009 – 2013 годы), мероприятие 1.1 «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров»: № 2010-1.207-075, 2010 – 2012 гг, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009 – 2013 годы), Мероприятие 1.3.1 «Проведение научных исследований молодыми учеными – кандидатами наук»: № 2011-1.3.1-200-029-41, 2011 – 2013 гг; г/б НИР № 3.4601.2011 в рамках – государственного задания Минобрнауки РФ, 2012 – 2014 гг.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беленцов, Ю. А. Повышение эффективности производства композиционных анизотропных материалов [Текст]: дис. ... д.т.н. / Ю. А. Беленцов Санкт-Петербург., 2011.
2. СНиП П-22-81 Каменные и армокаменные конструкции [Текст] – М.: Госстрой России, – 2003. – 26 с.
3. Беленцов, Ю.А. Структурная механика кирпичной кладки. Совершенствование методов армирования кирпичной кладки / Ю.А. Беленцов, П.Г. Комохов // Строительные материалы. Приложение Наука. – 2004. – №10. С.46 – 48.
4. Загороднюк, Л. Х. Кладочные растворы на основе вспученного перлитового песка / Л. Х. Загороднюк // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2005. – №. 9.– С. 92-95..
5. Орешкин, Д.В. Облегченные и сверхлегкие цементные растворы для строительства // Строительные материалы. Приложение Наука. – 2010. – №6. – С.34–37.
6. НПО Стеклопластик [Электронный ресурс] // НПО Стеклопластик: [сайт]. [1946]. URL: <http://www.npo-stekloplastic.ru/> (дата обращения: 10.06.2012).
7. ГОСТ 28013-98. Растворы строительные. Общие технические условия [Текст]. Взамен ГОСТ 28013-89.; Введ. 1999-07-01. – М.: Изд.стандартов, 1998. 3 с.
8. Череватова, А.В. Строительные композиты на основе высококонцентрированных вяжущих систем [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А.В. Череватова БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 2008. - 43 с.
9. Пашкевич, А. А. Эффективные цементные штукатурные растворы с полыми стеклянными микросферами [Текст]: автореф. дис. ... к.т.н. / А. А Пашкевич., Москва, 2009.- 8 с.
10. Fenelonov, V.B.. The Properties of Cenospheres and the Mechanism of Their Formation During High-Temperature coal Combustion at Thermal Power Plants [Текст] / V.B. Fenelonov, M. S. Mel'gunov, V. N. Parmon // KONA Powder and Particle Journal. – 2010. –№28. – С. 189–207.
11. Нелюбова, В.В. Некоторые аспекты применения наноразмерных модификаторов с учетом их свойств / В.В. Нелюбова, А.Б. Бухало, Т.А. Анищенко, В.А. Кривецкий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2009. – №4. – С. 47–50.