

## Энергетическая эффективность фасадных систем изоляции

*М.Б. Каддо, Б.А. Ефимов*

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

**Аннотация:** Требования по энергетической эффективности строительных конструкций основаны на балансе затрат на их изготовление, эксплуатацию и том эффекте, который достигается сбережением тепла. В условиях относительно невысокой стоимости энергоносителей становятся целесообразным применение систем бесшовной изоляции, в том числе на основе легких или теплоизоляционных штукатурок.

Разработанная фасадная легкая штукатурная система имеет при средней плотности 400–500 кг/м<sup>3</sup> прочность сцепления с основой 1,3–1,6 МПа, прочность на сжатие 4,7–5,5 МПа, морозостойкость 50 циклов. Система имеет теплоизоляцию до 0,12 Вт/(м<sup>2</sup>С), что при толщине штукатурного покрытия 50 мм и термическом сопротивлении основной конструкции 1,6–2,0 м<sup>2</sup>С/Вт позволяет получать систему с общим термическим сопротивлением до 2,3 м<sup>2</sup>С/Вт, что вполне соответствует условиям комфортности или технологическим требованиям.

**Ключевые слова:** адгезионная прочность, бесшовная изоляция, термическое сопротивление, энергетическая эффективность.

### *Введение*

Одним из требований к современному строительству является его энергетическая эффективность, которая учитывает не только возможности сохранения тепла в помещениях и снижение таким образом расхода энергоносителей, но и также весь комплекс затрат (в том числе энергии) на производство комплектующих материалов, логистику, монтаж конструкций, а также срок их безремонтной эксплуатации [1, 2].

В условиях высоких стоимостей энергоносителей рентабельно использование альтернативных источников энергии, таких, как энергия ветра, солнца и т.п., а также применение комплексных систем изоляции - системы фасадной изоляции теплоизоляционные композиционные (СФТК), системы вентилируемых фасадов (СВФ) и пр. [3, 4].

В нашей стране, где стоимость энергоносителей невысока, а территория огромна, вопрос о системах изоляции и защиты может быть скорректирован в зависимости от климатических условий конкретного региона [5].

---

Для северных регионов (в том числе Заполярья) необходимы комплектные системы изоляции с применением эффективных материалов, стойких к знакопеременным и низким отрицательным температурам, ветровой нагрузке и т.п. В этом случае наибольший эффект достигается применением изделий на основе вспененных пластмасс (пенопластов) на основе пенополистирола или пенополиолефинов.

В средней полосе, условия климата позволяют использовать классические системы изоляции (в основном СФТК и СВФ). При этом остается открытым вопросы, связанные с долговечностью этих систем и соответствия расчетных показателей тепловой эффективности (термического сопротивления и коэффициента теплопередачи) практическим значениям в реальных конструкциях. В решении этих проблем хорошие результаты получены при использовании в системах изоляции рулонного пенополиэтилена, позволяющего формировать бесшовные изоляционные оболочки. Методы снижения горючести пенополиэтилена позволяют получить самозатухающие материалы, что делает допустимым его применение в широком спектре строительной изоляции [6].

В регионах с умеренным климатом (Нечерноземье, Юг России) применение дорогостоящих систем типа СФТК или СВФ может оказаться экономически нецелесообразным, то есть энергетически неэффективным. В этих регионах оправдано использовать системы или с толщиной изоляционного слоя до 50 мм, или теплоизоляционные системы на основе легких, а также теплоизоляционных штукатурных покрытий. В этих регионах основной целью утепления становятся: создание комфортных условий в помещениях (для зданий и сооружений жилого сектора) и формирование микроклимата, оптимального для технологических процессов (в складских, хозяйственных, производственных помещениях) [7, 8].

### Легкие штукатурные системы

В настоящее время получают все большее применения легкие (теплоизоляционные) системы на основе штукатурок, содержащих мелкий заполнитель (наполнитель), имеющий низкую среднюю плотность. Преимуществом данных систем является возможность формирования бесшовных изоляционных оболочек и достижение термического сопротивления конструкций, достаточного для создания комфортных условий в жилых помещениях. Важным является также снижение массы конструкции по сравнению с системами на основе традиционных штукатурок, снижение конструктивной сложности системы и упрощение её монтажа. Недостатком указанных систем являются их сложность при монтаже, многокомпонентность и высокое водопоглощение штукатурного покрытия, а также наличие в некоторых системах горючих компонентов [9, 10].

Разработанная фасадная легкая штукатурная система позволяет формировать бесшовную изоляционную оболочку с минимальным количеством мостиков передачи тепла, что способствует повышению теплотехнической однородности изоляционного покрытия.

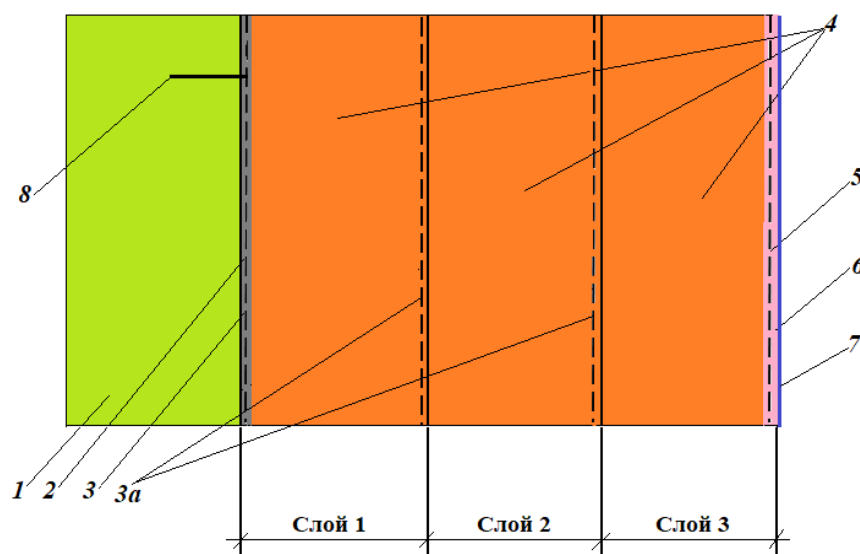


Рисунок 1. – Структура системы изоляции: 1 – несущая стена; 2 – грунтовочный слой; 3 – первичная армирующая сетка; 3а – армирующая сетка слоев штукатурки из легкой строительной смеси; 4 – слой штукатурки из легкой штукатурной смеси; 5 – финишный слой штукатурки; 6 – армирующая финишный слой сетка; 7 – окрасочный слой (при необходимости); 8 – крепежный элемент

Система включает последовательное нанесение грунтовочной смеси, первичной армирующей сетки из щелочестойкого стеклянного волокна, одного или нескольких армированных сеткой слоев штукатурки из легкой строительной смеси, армированного сеткой слоя финишной штукатурки и декоративно-защитного слоя (рис. 1).

Все слои легкой штукатурной системы изготавливаются на основе портландцемента. Состав грунтовочного слоя выбирают в зависимости от типа основания: бетон на легких заполнителях, кладка из керамического кирпича и камней, кладка из ячеистобетонных блоков. Состав финишного слоя (защитно-декоративного покрытия), следующий: портландцемент, мраморная крошка, молотый фракционированный кварцевый песок размером до 1,5 мм; добавки-модификаторы. В состав основных слоев легкой штукатурной смеси входит вулканический туф, как компонент модифицированного вяжущего и в качестве мелкого заполнителя, что определяет ее характеристики. Составы основного слоя сбалансированы и экспериментально проверены.

Вулканический туф обладает пуццолановой активностью и вступая в реакцию с портландитом способствует достижению более высокой степени гидратации вяжущего, а следовательно, повышению прочностных свойств штукатурного покрытия. Вулканический туф совместно с эфиром целлюлозы на стадии затворения иммобилизует часть формовочной воды и позже отдает эту воду в твердеющую систему, устраняя тем самым дефицит влаги,

---

забираемой гидратирующимися клинкерными минералами. Подобный эффект минимизирует образование трещин и исключает отслоение штукатурного покрытия от материала основания.

Основные показатели сформированной фасадной легкой штукатурной системы: средняя плотность 400–500 кг/м<sup>3</sup>; прочность сцепления с основой 1,3–1,6 МПа; прочность на сжатие 4,7–5,5 МПа; коэффициент водопоглощения 6–8 % по массе. Система имеет теплоизоляцию до 0,12 Вт/(м<sup>2</sup>С), что при толщине штукатурного покрытия 50 мм и термическом сопротивлении основной конструкции 1,6–2,0 м<sup>2</sup>С/Вт позволяет получать систему с общим термическим сопротивлением до 2,3 м<sup>2</sup>С/Вт, что вполне соответствует условиям комфортности или технологическим требованиям.

Низкое водопоглощение полученного состава обуславливает стабильность показателей бесшовного штукатурного покрытия независимо от климатических, в том числе, влажностных и температурных, условий эксплуатации.

### *Заключение*

Подход к системам изоляции с позиций требований по энергетической эффективности предполагает учет не только возможной экономии тепла на обогрев зданий, но и оценку всего комплекса затрат, связанных с монтажом и эксплуатацией систем изоляции зданий и промышленных объектов. Для регионов с умеренным климатом использование многокомпонентных и сложных систем типа СФТУ или СВФ может оказаться нерентабельным с позиций окупаемости затрат. В этой связи возможно использование систем бесшовной изоляции как на основе эффективных изоляционных материалов, так и легких или теплоизоляционных штукатурных покрытий.

## Литература

1. Efimov B., Mihailik E., Sanko D. Soil stabilization by injection of mineral complexes //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – V. 389. – P. 03013. – DOI: 10.1051/e3sconf/202338903013.
  2. Wang X., Kim S., Wu Y., Liu Y., Liu T., Wang Y. Study on the optimization and performance of GFC soil stabilizer based on response surface methodology in soft soil stabilization //Soils and Foundations. – 2023. – V. 63. – №. 2. – P. 101278., DOI: 10.1016/j.sandf.2023.101278.
  3. Ayeldeen M., Hara Y., Kitazume M., Negm A. Unconfined compressive strength of compacted disturbed cement-stabilized soft clay //International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering. – 2016. – V. 2. – pp. 1-10. DOI: 10.1007/s40891-016-0064-4.
  4. Алексеев В. А., Баженова О. Ю., Поудел Р. С. Проблема реализации технологии струйной цементации в сложных инженерно-геологических условиях. Техника и технология силикатов. – 2022. – Т. 29, № 3. – С. 274-283.
  5. Ter-Zakaryan K. A., Zhukov A. D., Bobrova E. Yu., Bessonov I. V., Mednikova E. A. Foam Polymers in Multifunctional Insulating Coatings // Polymers. 2021, №13(21), 3698. URL: doi.org/10.3390/polym13213698.
  6. Романенко И.М., Петровнина И.Н., Еличев К.А., Козицын В.С. Влияние условий твердения бетона на прочностные показатели // Инженерный Вестник Дона, 2022, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2022/7531/.
  7. Ter-Zakaryan K. A., Zhukov A. D., Bobrova E. Yu., Bessonov I. V., Mednikova E. A. Modified Polyethylene Foam for Critical Environments // Polymers. 2022, №14(21), 4688; URL: doi.org/10.3390/polym14214688.
  8. Стенечкина К.С. Применение декоративных бетонов для отделки зданий и сооружений // Инженерный Вестник Дона, 2022, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8272.
-

9. Bazhenova S.I., Al-Dulaimi S., Stepina I.V., Erofeeva I.V., Afonin V. Development of efficient compositions of hydrophobic materials resistant to chemical and biological environments // Journal of Infrastructure Preservation and Resilience. 2024, №4967651v1. URL: [doi.org/10.21203/rs.3.rs-4967651/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4967651/v1).

10. Stepina, I., Zhukov, A., Bazhenova, S. Modification of Cellulosic Materials with Boron-Nitrogen Compounds. Polymers 2023, 15 (13), 2788. URL: [doi.org/10.3390/polym15132788](https://doi.org/10.3390/polym15132788).

### References

1. Efimov B., Mihailik E., Sanko D. E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2023. V. 389. P. 03013. DOI: [10.1051/e3sconf/202338903013](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903013).

2. Wang X., Kim S., Wu Y., Liu Y., Liu T., Wang Y. Soils and Foundations. 2023. V. 63. №. 2. P. 101278., DOI: [10.1016/j.sandf.2023.101278](https://doi.org/10.1016/j.sandf.2023.101278).

3. Ayeldeen M., Hara Y., Kitazume M., Negm A. International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering. 2016. V. 2. pp. 1-10. DOI: [10.1007/s40891-016-0064-4](https://doi.org/10.1007/s40891-016-0064-4).

4. Alekseev V. A., Bazhenova O. Yu., Poudel R. S. Texnika i texnologiya silikatov. 2022. T. 29, № 3. pp. 274-283.

5. Ter-Zakaryan K. A., Zhukov A. D., Bobrova E. Yu., Bessonov I. V., Mednikova E. A. Polymers. 2021, №13(21), 3698; URL: [doi.org/10.3390/polym13213698](https://doi.org/10.3390/polym13213698).

6. Romanenko I.M., Petrovnina I.N., Elichev K.A., Kozicyn V.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2022/7531/](https://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2022/7531/).

7. Ter-Zakaryan K. A., Zhukov A. D., Bobrova E. Yu., Bessonov I. V., Mednikova E. A. Modified Polyethylene Foam for Critical Environments. 2022, №14(21), 4688. URL: [doi.org/10.3390/polym14214688](https://doi.org/10.3390/polym14214688).

8. Stenechkina K.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8272](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8272).



9. Bazhenova S.I., Al-Dulaimi S., Stepina I.V., Erofeeva I.V., Afonin V. Journal of Infrastructure Preservation and Resilience. 2024, №4967651v1. URL: doi.org/10.21203/rs.3.rs-4967651/v1.

10. Stepina, I.; Zhukov, A.; Bazhenova, S. Modification of Cellulosic Materials with Boron-Nitrogen Compounds. Polymers 2023, 15 (13), 2788. URL:doi.org/10.3390/polym15132788.

**Дата поступления: 21.09.2024**

**Дата публикации: 2.11.2024**