

# КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

С. Н. Леонович<sup>1</sup>, Н. В. Черноиван<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д.т.н., профессор, профессор Школы строительства Университета технологии Циндао, г. Циндао, Китай, e-mail: leonovichsn@tut.by

<sup>2</sup>К.т.н., доцент, заместитель декана по учебной и научной работе архитектурно-строительного факультета УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Беларусь, e-mail: chernoivan@inbox.ru

## Аннотация

**Предмет:** Исследование посвящено принципам обеспечения долговечности систем тепловой реабилитации фасадов. Актуальность обусловлена проблемой преждевременной деградации конструкций из-за неучета комплекса эксплуатационных нагрузок, прежде всего, температурно-влажностных.

**Цели:** Систематизировать ключевые аспекты проектирования и определить области эффективного применения навесных вентилируемых (НВФ) и «мокрых» фасадов (ETICS) на основе анализа механизмов деградации.

**Материалы и методы:** Исследование выполнено методами сравнительного анализа конструкций НВФ, слоистой кладки и ETICS с применением принципов строительной теплофизики для оценки влажностных режимов.

**Результаты:** Установлено, что НВФ являются универсальным и наиболее надежным решением, так как их конструкция физически исключает накопление влаги. Для систем ETICS доказана принципиальная возможность достижения долговечности, но лишь при строгом соблюдении принципа увеличения паропроницаемости слоев и высоком качестве производства работ. Разработаны специфические рекомендации: НВФ – для промышленных и сложных объектов, ETICS – для массового жилищного строительства при условии жесткого контроля технологий.

**Выводы:** Результаты работы имеют практическую ценность для проектировщиков. Высокая стоимость НВФ оправдана для объектов с повышенными нагрузками, а для типового жилья экономически оптимальным является внедрение ETICS при обязательном нормировании качества материалов и работ.

## ВВЕДЕНИЕ

Повышение энергетической эффективности существующего фонда зданий является одной из приоритетных задач в контексте устойчивого развития и ресурсосбережения [1]. Ключевым методом её решения выступает тепловая реабилитация ограждающих конструкций. Однако на практике широко распространена проблема преждевременной деградации таких систем, приводящая к значительным экономическим потерям и снижению эксплуатационных характеристик. Научная проблема заключается в отсутствии систематизированного подхода к выбору и проектированию систем утепления, в полной мере учитывающего механизмы их деградации под воздействием комплекса эксплуатационных нагрузок, среди которых доминирующую роль

играют температурно-влажностные воздействия [2]. Решение данной проблемы имеет важнейшее значение для развития строительной науки и практики, так как позволит повысить долговечность, надежность и экономическую эффективность мероприятий по энергосбережению.

### **ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Проведенный анализ последних исследований показывает, что основой долговечности ограждающих конструкций является управление их влажностным режимом. Работа К.Ф. Фокина [2] фундаментально доказывает, что накопление влаги в толще конструкции является основной причиной ее разрушения. В контексте навесных вентилируемых фасадов (НВФ) последние исследования [3...4] подчеркивают роль вентилируемой прослойки в обеспечении долговечности. В отношении штукатурных систем (ETICS) актуальные публикации, включая [5...6], сходятся во мнении, что их надежность напрямую зависит от соблюдения принципа увеличения паропроницаемости слоев. Специфика промышленных зданий рассмотрена в работе [7], где затрагивается необходимость применения систем, компенсирующих значительные температурные деформации. Несмотря на достаточную изученность отдельных аспектов, ощущается недостаток комплексных работ, дающих сравнительный анализ и четкие критерии выбора системы для зданий различного назначения.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Объектом исследования выступили наиболее распространенные системы тепловой реабилитации: навесные вентилируемые фасады (НВФ), системы слоистой кладки с вентилируемым зазором и штукатурные фасадные системы утепления (ETICS). В качестве материалов рассматривались стандартные компоненты данных систем: минераловатные теплоизоляционные плиты, конструкции крепления, облицовочные материалы для НВФ, а также армирующие составы и штукатурные смеси для ETICS.

В ходе исследования применялся комплекс теоретических методов. Основным методом выступил сравнительный анализ конструктивных решений и их эксплуатационных характеристик. Для оценки влажностного состояния ограждающих конструкций использовались методы строительной теплофизики, в частности, анализ стационарных и нестационарных влажностных режимов с учетом паропроницаемости материалов. Также был проведен нормативный и литературный анализ для систематизации современных требований и выявления типичных причин деградации. Обоснование выбора методов заключается в их способности обеспечить комплексную оценку долговечности систем на стадии проектирования без необходимости проведения длительных натурных экспериментов.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Проведенный анализ позволил систематизировать ключевые аспекты проектирования и выявить оптимальные области применения различных систем.

**Навесные вентилируемые фасады (НВФ).** Установлено, что данная система является наиболее универсальной и надежной. Конструкция НВФ физически исключает основную причину деградации – накопление влаги – за счет организации вентилируемой воздушной прослойки, обеспечивающей постоянное удаление влаги (рис. 1). Ключевыми преимуществами являются

защита утеплителя от внешних воздействий, возможность компенсации температурных деформаций и высокая ремонтпригодность.

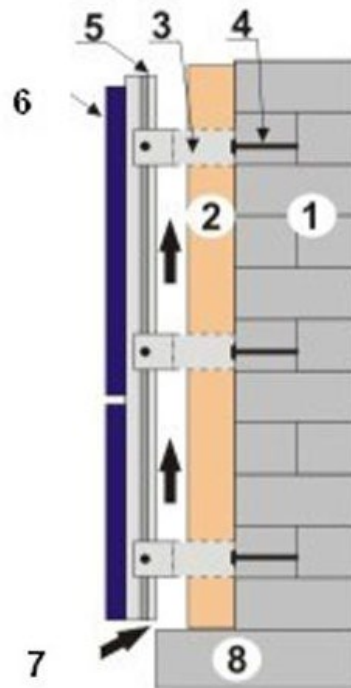


Рис. 1. Схема навесного вентилируемого фасада:

1–стена; 2– утеплитель; 3–кронштейн; 4–анкер; 5– несущий профиль; 6– навесной фасад; 7–воздушный зазор; 8–фундамент

**Штукатурные системы (ETICS).** Доказано, что долговечность «мокрого» фасада является не столько функцией свойств материалов, сколько функцией качества производства работ и строгого соблюдения принципа увеличения паропроницаемости слоев изнутри наружу (рис. 2). Нарушение этого принципа (применение паронепроницаемых покрытий) неминуемо приводит к накоплению влаги и разрушению.

#### **Сравнительный анализ для различных типов зданий.**

Для промышленных зданий с их значительными пролетами, температурными деформациями и агрессивными средами НВФ являются безальтернативным решением. Система ETICS в таких условиях не рекомендуется из-за хрупкости и низкой стойкости к вибрациям.

Для многоэтажных жилых зданий оба решения применимы. НВФ предпочтительны для объектов со сложными теплопроводными включениями, а ETICS – экономически оптимальное решение для массовой реабилитации типового жилья при условии качественного исполнения и применения ударопрочных покрытий в цокольной зоне.

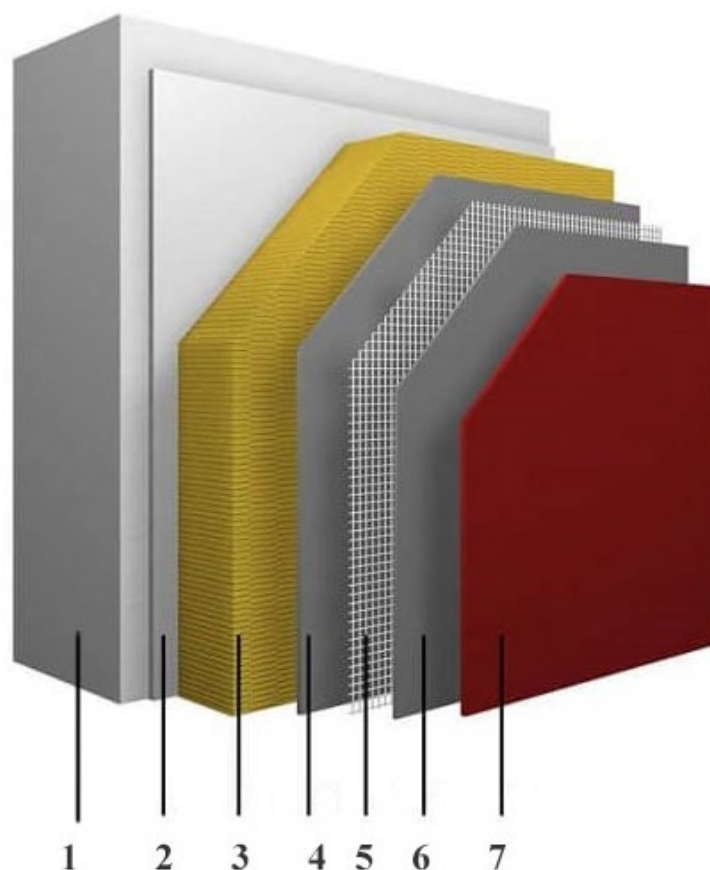


Рис. 2. Схема штукатурного («мокрого») фасада:  
1-стена; 2-клеевой слой; 3-минераловатный утеплитель; 4-базовый клеевой слой; 5-армирующая сетка; 6-финишный клеевой слой; 7-декоративная штукатурка

## ВЫВОДЫ

1. Систематизированы ключевые принципы проектирования долговечных систем тепловой реабилитации, центральным из которых является активное управление влажностным режимом ограждающей конструкции.

2. Доказано, что навесные вентилируемые фасады являются наиболее универсальным и надежным решением благодаря конструкции, исключающей накопление влаги. Их высокая первоначальная стоимость оправдана для объектов с повышенными эксплуатационными нагрузками (промышленные, уникальные здания).

3. Установлено, что долговечность штукатурных систем (ETICS) критически зависит от качества производства работ и строгого соблюдения принципа паропроницаемости. Данная система является экономически оптимальной для массового жилищного строительства, но требует внедрения строгого технического надзора.

4. Полученные результаты имеют практическую значимость и могут быть использованы для разработки методических рекомендаций по выбору и проектированию систем утепления. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка математических моделей для прогнозирования долговечности ETICS в зависимости от региональных климатических условий и качества монтажа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь: утв. Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 23 декабря 2015 г. № 1084. – Источник: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21501084> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь – Дата обращения: 10.10.2025.
2. Фокин, К.Ф. Строительная теплофизика ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. – М.: АСВ, 2019. – 256 с.
3. Копейка, Д. В. Определение параметров влагопередачи и расположения плоскости возможной конденсации в системах навесных фасадов с вентилируемой воздушной прослойкой / Д. В. Копейка, С. В. Гридин // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2019. – Т. 15, № 1. – С. 5-11.
4. Temperature and velocity conditions in vertical channel of ventilated facade / E. A. Statsenko, A. F. Ostrovaia, V. Ya. Olshevskiy, M. R. Petrichenko // Magazine of Civil Engineering. – 2018. – No. 4(80). – P. 119-127.
5. Modelling the degradation and service life of ETICS in external walls / S. Ximenes, J. De Brito, P. L. Gaspar, A. Silva // Materials and Structures. – 2015. – Vol. 48, No. 7. – P. 2235-2249. – DOI 10.1617/s11527-014-0305-8.
6. Амирханов, Н. С. Сравнительный анализ вариантов утепления кирпичных несущих стен многоэтажного жилого дома / Н. С. Амирханов // Интернаука. – 2025. – № 23-1(387). – С. 5-6.
7. Хуринхеев, В. И. Энергоэффективность промышленных зданий: роль современных технологий утепления фасадов / В. И. Хуринхеев // Вестник науки. – 2025. – Т. 1, № 6(87). – С. 1826-1831.