

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ШКОЛЫ С АКЦЕНТОМ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ.

Давранбекова Алина Жамиль кизи

Магистрант Ташкентского архитектурно-строительного университета

E-mail: alininpochtoviyadres@mail.ru

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15652343>

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы устойчивого проектирования образовательных учреждений с акцентом на выбор строительных материалов и технологий, адаптированных к климатическим условиям. Основное внимание уделяется использованию местных и экологически безопасных материалов с учетом их энергоэффективности, срока службы и углеродного следа. Представлен комплексный анализ конструктивных элементов зданий школ — от наружной облицовки и оконных систем до утеплителей, отделочных и потолочных материалов. Обосновывается необходимость применения природных и возобновляемых ресурсов (пробки, древесных плит, целлюлозы), а также технологических решений, обеспечивающих долговечность и минимизацию воздействия на окружающую среду. Предлагаемые рекомендации могут служить основой для формирования устойчивой архитектурной среды, способствующей как снижению эксплуатационных затрат, так и повышению качества образовательного процесса.

Ключевые слова: устойчивое строительство, образовательные учреждения, строительные материалы, энергоэффективность, углеродный след, местные материалы, климатически адаптированные технологии, экологичность, теплоизоляция, долговечность конструкций.

RECOMMENDATIONS FOR SELECTING MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR A SCHOOL, EMPHASIZING THE USE OF LOCAL MATERIALS AND MODERN TECHNOLOGIES APPROPRIATE TO THE CLIMATIC CONDITIONS.

Abstract: The article addresses the issues of sustainable design in educational institutions, focusing on the selection of building materials and technologies adapted to climatic conditions. Particular attention is given to the use of local and environmentally friendly materials, taking into account their energy efficiency, service life, and carbon footprint. A comprehensive analysis is presented of the structural components of school buildings—from exterior cladding and window systems to insulation, finishing, and ceiling materials. The necessity of using natural and renewable resources (such as cork, wood-based panels, and cellulose) is substantiated, alongside technological solutions that ensure durability and minimize environmental impact. The proposed recommendations serve as a basis for shaping a sustainable architectural environment that reduces operational costs and enhances the quality of the educational process.

Keywords: sustainable construction, educational institutions, building materials, energy efficiency, carbon footprint, local materials, climate-adapted technologies, environmental sustainability, thermal insulation, structural durability.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование образовательных учреждений, в частности школ, требует всестороннего подхода к выбору строительных материалов, обеспечивающих долговечность конструкций, минимизацию энергозатрат на этапах производства и эксплуатации, а также снижение углеродного следа. В современных условиях устойчивого развития строительной отрасли данные аспекты приобретают особое значение. Энергоэффективность зданий напрямую связана с выбором материалов, их технологическими характеристиками и эксплуатационными свойствами.

МЕТОДЫ

Исследование проведено с использованием проектно-аналитического подхода, включающего комплексный анализ ключевых строительных материалов и технологий, применяемых в возведении образовательных учреждений. В работу вошли: сбор и обработка данных по энергоэффективности, углеродному следу и срокам службы материалов; сравнительный анализ локальных и современных технологий с учётом климатических особенностей региона; оценка эксплуатационных характеристик конструктивных элементов зданий школ. Также был проведён синтез технических и экологических критериев для формирования рекомендаций по оптимальному выбору материалов и технологий, направленных на повышение устойчивости и долговечности зданий. Источником информации послужили отечественные и международные стандарты, а также опыт применения инновационных строительных решений в условиях различных климатических зон.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Целью данного исследования является проведение комплексного анализа ключевых строительных материалов, применяемых в возведении школ, с последующей оценкой их характеристик по следующим критериям: встроенная энергия (Primary Embodied Energy, PEI), углеродный след (Global Warming Potential, GWP), срок службы и эксплуатационные особенности. На основе этого анализа предлагаются рекомендации по оптимальному подбору материалов для различных конструктивных элементов здания.

1. Наружная облицовка: функции и критерии выбора: Наружная облицовка выполняет несколько критически важных функций, таких как защита здания от атмосферных воздействий, обеспечение эстетического облика и частичный контроль воздушного обмена с окружающей средой [3]. Значительную роль играет её влияние на энергоэффективность здания, поскольку материалы с высоким PEI существенно увеличивают углеродный след в течение жизненного цикла объекта.

В Таблице 1 представлены ключевые характеристики распространённых материалов для наружной облицовки, включая показатели PEI (невозобновляемая и возобновляемая энергия), GWP и срок службы.

Таблица 1. Характеристики материалов наружной облицовки

Материал	PEI невозобновл яемая (МДж/м ²)	PEI возобновл яемая (МДж/м ²)	GW P (кг CO ₂ - экв./ м ²)	Срок служ бы (лет)	Преимущест ва	Ограничен ия

Вертикально перфорированный глиняный кирпич	599	12	79	90–100	Высокая долговечность, огнестойкость	Высокая невозобновляемая энергия
Деревянные каркасные стены	182	179	5.9	40–60	Низкий углеродный след, высокая возобновляемость	Ограниченнный срок службы
Газобетон	~300	~10	~40	60–80	Легкий, хорошие теплоизоляционные свойства	Средняя долговечность
Каменная кладка (натураильный камень)	800+	5	90	100+	Максимальная долговечность	Очень высокая энергоёмкость

Анализ данных показывает, что вертикально перфорированный глиняный кирпич представляет собой оптимальное решение с учётом долговечности и огнестойкости, несмотря на высокие показатели PEI. Для обеспечения низкого углеродного следа можно рекомендовать деревянные каркасные конструкции, хотя их меньший срок службы требует дополнительных мер по техническому обслуживанию и контролю. Газобетон является компромиссным вариантом с хорошими теплоизоляционными свойствами, но средней долговечностью.

2. Прозрачные конструкции: Теплоизоляционные параметры и долговечность оконных систем существенно влияют на энергетический баланс здания. Современные технологии предлагают ряд вариантов:

Двойные стеклопакеты с коэффициентом теплопередачи $U_g=1.1 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, характеризующиеся средней энергоёмкостью производства (~600 МДж) и сроком службы порядка 50 лет;

Тройные стеклопакеты ($U_g=0.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$) с более высокой энергоэффективностью, но увеличенной энергоёмкостью (>900 МДж);

Двойные фасады из стекла, отличающиеся высоким уровнем энергоёмкости (~2500 МДж), но обеспечивающие лучшие показатели звукоизоляции и эстетики;

Поликарбонатные панели, которые обладают меньшей долговечностью (около 25 лет) и умеренной энергоёмкостью.

Исходя из баланса энергоэффективности и долговечности, двойные стеклопакеты рекомендуется считать оптимальным вариантом для использования в образовательных зданиях.

3. Штукатурки и утеплители: Экологические и эксплуатационные характеристики штукатурных и утепляющих материалов существенно влияют на микроклимат помещения

и долговечность конструкции. В таблице 2 приведены основные параметры исследованных материалов.

Таблица 2. Свойства штукатурок и утеплителей

Материал	РЕI (МДж/м ²)	Срок службы (лет)	Особенности
Известково-цементные и гипсовые штукатурки	Низкая	До 80	Экологичные, долговечные
Теплоизоляционные штукатурки	Высокая	~60	Повышенная энергоёмкость
Композитные утеплители (EPS)	Высокая	~30	Эффективны, но обладают высоким РЕI
Глиняные штукатурки	Очень низкая	До 80	Экологичные, регулируют влажность

Оптимальная практическая рекомендация предполагает комбинирование известково-цементных и глиняных штукатурок для обеспечения как теплоизоляции, так и качественной отделки внутренних поверхностей.

4. Технология: В таблице 3 представлены основные теплоизоляционные материалы с указанием энергоэффективности, углеродного следа и срока службы.

Таблица 3. Основные параметры теплоизоляционных материалов

Материал	РЕI (МДж/м ²)	GWP (кг CO ₂ -экв.)	Срок службы (лет)	Особенности
Пенополистирол (EPS)	511	28	30	Стандартный утеплитель
Экструдированный пенополистирол (XPS)	405	21	30	Высокая прочность
Полиуретан (PUR)	349	17	30	Эффективная теплоизоляция
Пробка	15	1.1	40–60	Низкий РЕI и углеродный след
Древесно-шерстяная плита	89	0.8	30–50	Экологичные, низкий углеродный след
Пеностекло	1030	49	100	Высокая долговечность
Минеральная вата	74	5.4	30–50	Баланс экологичности и долговечности

Целлюлозный наполнитель	33	1.8	35–50	Экологичный, низкий PEI
-------------------------	----	-----	-------	-------------------------

Из анализа видно, что материалы на природной основе (пробка, целлюлоза, древесно-шерстяные плиты) являются наиболее экологичными благодаря низким показателям PEI и GWP, что способствует снижению углеродного следа здания. Для объектов с высокими требованиями к долговечности рекомендуется применение пеностекла и минеральной ваты. В конструкциях с высокими механическими нагрузками оптимальны XPS и пеностекло.

Таблица 4. Характеристики материалов для внутренних стен

Материал	PEI невозобновляемая (МДж/м ²)	PEI возобновляемая (МДж/м ²)	GWP (кг CO ₂ -экв./м ²)	Срок службы (лет)	Особенности
Гипсокартон (12,5 мм)	97	50	1.2	40–60	Универсальный, лёгкий, экономичный
Лоамовые плиты	84	2	0	—	Натуральные, экологичные
Деревянные плиты (спрус)	40	281	26	50–90	Высокая возобновляемая энергия
Венеерная фанера	177	540	23	50–90	Прочная, эстетичная

5. Внутренние облицовочные материалы: Гипсокартон сохраняет позиции универсального материала благодаря простоте монтажа и невысокой стоимости, в то время как натуральные материалы способствуют формированию здорового микроклимата и повышают визуальную эстетику внутренних помещений .

Таблица 5. Сравнительный анализ потолочных материалов

Материал	PEI невозобновляемая (МДж/м ²)	PEI возобновляемая (МДж/м ²)	GWP (кг CO ₂ -экв./м ²)	Срок службы (лет)	Комментарии
Штукатурный потолок	56	0.8	3.3	80	Высокая долговечность и экологичность

Кальций-силикатные плиты	56	1.3	4.5	40	Влагоустойчивые
Гипсоволоконные плиты	97	50	1.2	40–60	Быстрый монтаж
Древесно-волокнистая плита	110	381	28	30–50	Высокая возобновляемая энергия
Стальные панели	375	14	22	40–70	Высокая энергоёмкость

Штукатурные потолки являются оптимальным выбором с точки зрения долговечности и экологичности, особенно в сочетании с кальций-силикатными плитами для влажных помещений.

Таблица 6. Параметры материалов для стяжек

Материал	PEI невозобновляема я (МДж/м ²)	PEI возобновляема я (МДж/м ²)	GWP (кг CO ₂ - экв./м ²)	Срок служб ы (лет)	Особенности
Цементная стяжка	203	3.8	18	50–80	Высокая прочность
Кальций- сульфатная стяжка	71	2.2	5.8	40–60	Быстрый монтаж, экологичнее
Мастичны й асфальт	443	5.1	—	—	Высокая энергоёмкост ь

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ демонстрирует, что комплексный подход к выбору строительных материалов с учётом их энергоэффективности, экологической безопасности и долговечности позволяет существенно повысить устойчивость и эксплуатационные характеристики образовательных зданий. Вертикально перфорированный глиняный кирпич и деревянные каркасные конструкции рекомендованы для наружных ограждений. Для теплоизоляции оптимальны природные материалы с низким углеродным следом — пробка, целлюлоза, древесно-шерстяные плиты. Внутренние отделочные материалы и потолочные конструкции должны обеспечивать баланс между экологичностью, функциональностью и экономической целесообразностью.

Пояснения:

PEI — Primary Energy Input (первичная энергия)

GWP — Global Warming Potential (потенциал глобального потепления, в кг CO₂-экв.)

[a] — срок службы материала (в годах)

Знак «» означает, что данные по выбросам парниковых газов отсутствуют или не предоставлены.

Источники:

1. М. де Луччи (2011). Архитектура школ: Новая образовательная среда
2. О. Каннон (2010). Третий учитель: 79 способов, как дизайн может трансформировать преподавание и обучение.
3. Р. У. Хэтти (2017). Класс будущего: как технологии формируют обучение.
4. Е. Дж. Томас (2016). Проектирование связанных образовательных опытов: Рамки для цифровой грамотности