

---

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ / ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES. CREATIVE CONCEPTS OF  
ARCHITECTURAL ACTIVITY

---

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.55.5>

УМНОЕ СТЕКЛО В АРХИТЕКТУРЕ И ДИЗАЙНЕ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ,  
ПРИМЕНЕНИЕ И ВЛИЯНИЕ НА УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Научная статья

Соколов Д.А.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0001-9193-6618;

<sup>1</sup>Международный Университет Финал, Гирне, Турция

\* Корреспондирующий автор (sokolikdima1235[at]gmail.com)

**Аннотация**

*Цель.* Цель статьи — исследовать технологические особенности смарт-стекла, его применение в дизайне интерьеров и архитектуре, а также оценить его вклад в устойчивое развитие строительной отрасли. Особое внимание уделено управлению естественным освещением, обеспечению приватности, энергосбережению и повышению экологических характеристик зданий. Технологические решения, связанные со смарт-стеклом, поддерживают концепцию устойчивого строительства, что делает тему особенно актуальной.

*Актуальность.* Смарт-стекло становится важным элементом экологически ответственного строительства. В условиях растущих требований к энергоэффективности зданий, таких как стандарты LEED и BREEAM, смарт-стекло способствует снижению потребления энергии и улучшению внутренней среды. Оно особенно важно в «зеленом строительстве», ориентированном на снижение углеродного следа и оптимизацию использования ресурсов.

*Методы исследования.* В рамках исследования был проведен анализ технических характеристик различных типов смарт-стекла, основанных на применении EVA, TPU и PVB пленок. Изучены их свойства, такие как светопропускание, энергопотребление и долговечность. Также был проведен анализ применения смарт-стекла в жилых, коммерческих и медицинских зданиях. Использовались методы построения сравнительных таблиц и матриц характеристик, позволяющие систематизировать данные и оценить преимущества каждого типа пленок.

*Основные результаты.* Результаты исследования показали, что применение смарт-стекла на основе EVA и TPU способствует снижению энергопотребления и улучшению микроклимата в помещениях. Эти пленки обладают высокой светопропускной способностью и хорошими теплоизоляционными свойствами, что делает их эффективными в условиях переменного климата. В медицинских учреждениях смарт-стекло обеспечивает гигиеничность и возможность регулировки прозрачности, что повышает комфорт и приватность. В архитектуре и дизайне интерьеров умное стекло способствует созданию инновационных решений, улучшая качество жизни и экологичность зданий.

**Ключевые слова:** умное стекло, интерьерный дизайн, устойчивое развитие, зеленое строительство, технологии.

SMART GLASS IN ARCHITECTURE AND DESIGN: TECHNOLOGICAL FEATURES, APPLICATIONS AND  
IMPACT ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Research article

Sokolov D.A.<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0001-9193-6618;

<sup>1</sup>Final International University, Girne, Turkey

\* Corresponding author (sokolikdima1235[at]gmail.com)

**Abstract**

*Objective.* The aim of the article is to study the technological features of smart glass, its application in interior design and architecture, and to evaluate its contribution to the sustainable development of the building industry. Particular attention is paid to natural light management, privacy, energy saving and improving the environmental performance of buildings. Technological solutions related to smart glass support the concept of sustainable construction, which makes the topic particularly relevant.

*Relevance.* Smart glass is becoming an important element of environmentally responsible construction. With increasing demands for energy efficiency in buildings, such as LEED and BREEAM standards, smart glass contributes to reducing energy consumption and improving the indoor environment. It is particularly important in "green building", which focuses on reducing carbon footprints and optimizing the use of resources.

*Research methods.* The study analysed the technical characteristics of different types of smart glass based on the use of EVA, TPU and PVB films. Their properties such as light transmission, energy consumption and durability were examined. The application of smart glass in residential, commercial and medical buildings was also analysed. Comparative table and performance matrix methods were used to systematise the data and evaluate the advantages of each type of film.

*Main results.* The results of the study showed that the use of EVA and TPU-based smart glass helps to reduce energy consumption and improve indoor climate. These films have strong light transmission and good thermal insulation properties, making them effective in variable climates. In healthcare facilities, smart glass provides hygienic and adjustable transparency, which enhances comfort and privacy. In architecture and interior design, smart glass contributes to the creation of innovative solutions, improving the quality of life and sustainability of buildings.

**Keywords:** smart glass, interior design, sustainable development, green building, technology.

## Введение

Умное стекло, также известное как смарт-стекло, представляет собой инновационный материал, способный изменять свои светопропускающие свойства под воздействием электрического тока [1]. Эта передовая технология активно внедряется в строительную отрасль благодаря своей способности улучшать комфорт и способствовать энергосбережению в зданиях. Введение умного стекла в архитектуру и дизайн интерьеров открывает новые горизонты для создания динамичных фасадов, интеллектуального освещения и гибких рабочих пространств.

Умное стекло характеризуется уникальной многослойной структурой, которая состоит из следующих компонентов:

1. Первый слой — прозрачное стекло, обеспечивающее защиту и визуальную ясность.

2. Двухслойная пленка, содержащая жидкие кристаллы, расположенная между двумя слоями стекла. Эти кристаллы обладают способностью изменять свои оптические свойства при воздействии электрического тока.

3. Второй слой — еще одно прозрачное стекло, завершающее конструкцию.

При подаче электрического тока на жидкокристаллическую пленку создается электромагнитное поле, которое воздействует на молекулы кристаллов, выстраивая их в упорядоченный ряд [2]. Этот процесс преобразует матовое стекло в прозрачное, позволяя свету свободно проходить сквозь него без помех, которые могли бы возникнуть из-за хаотичного расположения кристаллов (рисунок 1).

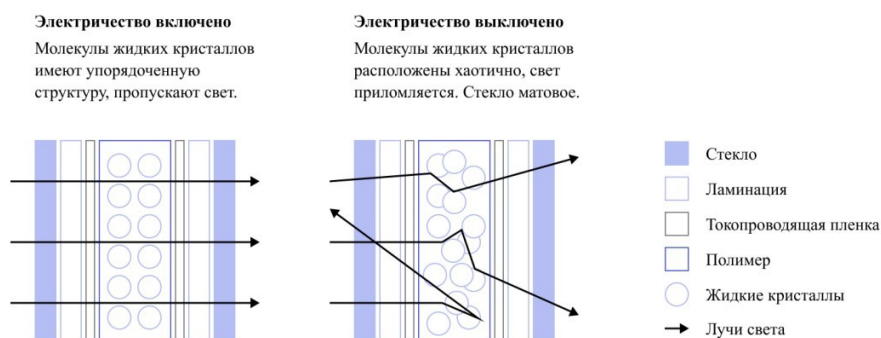


Рисунок 1 - Структурная схема умного стекла: молекулярные изменения под воздействием электричества  
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.55.5.1>

Производство умного стекла включает использование различных типов пленок в зависимости от требований к функциональности и свойствам:

- EVA (пленка из этиленвинилацетата): известна своей прочностью и гибкостью, часто применяется в строительстве.
- TPU (термопластичный полиуретан): обладает высокой устойчивостью к механическим повреждениям и воздействию химических веществ.
- PVB (поливинилбутиральная пленка): широко используется благодаря своей способности обеспечивать высокую прочность и защиту от ультрафиолетового излучения.

Блок управления, регулирующий подачу электрического тока на жидкокристаллическую пленку, позволяет настраивать уровень прозрачности стекла в зависимости от потребностей пользователей и условий окружающей среды. При низком напряжении стекло сохраняет частичную прозрачность, а при увеличении напряжения его прозрачность значительно возрастает [3]. Эта возможность превращает умное стекло в универсальный инструмент для создания комфортной атмосферы в различных интерьерах и архитектурных решениях (рисунок 2).

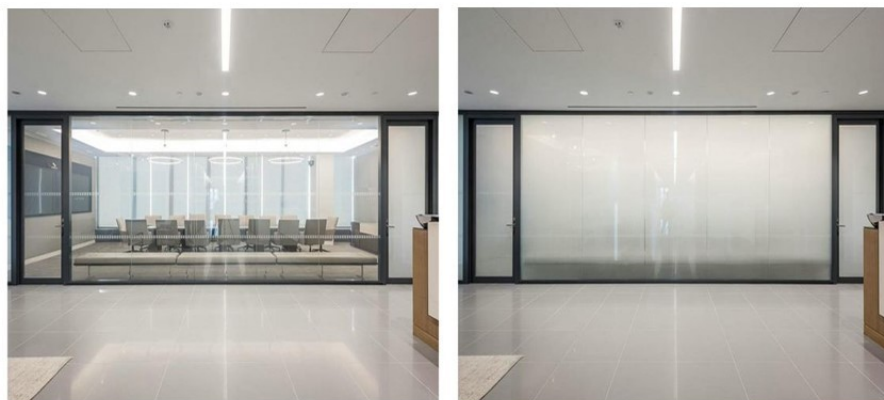


Рисунок 2 - Интерьеры с умным стеклом: эффект включения и выключения  
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.55.5.2>

Существует несколько типов умного стекла, различающихся по технологии регулирования светопропускания. Основные категории включают:

1. Жидкокристаллическое стекло (Polymer Dispersed Liquid Crystal). Этот тип смарт-стекла регулирует светопропускание под воздействием электрического поля. При подаче напряжения молекулы кристаллов выстраиваются в упорядоченный ряд, позволяя свету проходить сквозь стекло. В неактивном состоянии кристаллы распределены хаотично, что делает стекло непрозрачным [4].

2. Электрохромное стекло (Electrochromic Glass). Данная технология изменяет цвет и степень светопропускания при подаче электрического тока. Процесс является обратимым и не требует постоянного потребления энергии для поддержания состояния [5].

3. Термохромное и фотохромное стекло (Thermochromic and Photochromic Glass). Эти виды стекла реагируют на изменения температуры и интенсивности света соответственно, обеспечивая автоматическую настройку светопропускания. Однако они не позволяют пользователю управлять данным процессом вручную [6].

Каждая из перечисленных технологий имеет свои уникальные особенности и области применения, что делает их важными компонентами современных архитектурных решений.

Умное стекло находит широкое применение в архитектуре и интерьере, способствуя созданию динамических фасадов, гибких перегородок и энергосберегающих решений. В архитектуре оно используется в фасадах, окнах и потолках для регулирования освещения и теплового воздействия. Исследования показывают, что умное стекло может значительно снизить потребление энергии, уменьшая потребность в кондиционировании воздуха и искусственном освещении, что в свою очередь снижает эксплуатационные расходы [7].

В интерьере умное стекло позволяет создавать гибкие рабочие пространства и перегородки для зонирования помещений, которые могут переключаться между прозрачным и матовым состоянием. Это особенно актуально для офисных зон, где важна возможность изменения конфигурации пространств в зависимости от задач. В медицинских учреждениях, таких как больницы и операционные блоки, использование умного стекла обеспечивает необходимую приватность для пациентов и регулирует уровень освещения, что способствует созданию комфортных условий для выздоровления [8].

Умное стекло также способствует энергосбережению, что является важным аспектом для «зеленых» зданий. Оно может снижать энергопотребление на 20-30% за счет эффективного регулирования солнечного освещения и теплопередачи, что уменьшает затраты на кондиционирование и отопление [9]. Применение умного стекла в строительстве помогает сократить углеродный след зданий, способствуя достижению целей устойчивого развития [10]. Тем не менее, несмотря на все свои преимущества, умное стекло имеет некоторые ограничения, включая высокую стоимость установки, что может ограничивать его применение в массовом строительстве [11]. Кроме того, для поддержания оптимальных эксплуатационных характеристик требуется регулярное техническое обслуживание, особенно в условиях повышенной влажности или загрязненности [10].

### Методы и принципы исследования

В данном исследовании для оценки эффективности умного стекла в архитектурных и дизайнерских проектах были использованы следующие методы:

1. Анализ технических характеристик смарт-стекла. Проведен детальный анализ различных типов умного стекла, включая EVA, TPU и PVB. Оценивались их свойства, такие как светопропускание, энергопотребление и долговечность. Эти данные позволили выявить сильные и слабые стороны каждого типа материала, а также их потенциальные применения в различных контекстах.

2. Сравнительное исследование. Выполнено сравнительное исследование использования умного стекла в различных типах зданий: жилых, коммерческих и медицинских.

3. Оценка соответствия стандартам устойчивого развития. Включение анализа влияния умного стекла на экологические стандарты, такие как LEED и BREEAM. Этот аспект охватывал исследование роли смарт-стекла в сокращении углеродного следа зданий и достижении экологических целей, таких как снижение потребления энергии и улучшение качества внутренней среды.

Результаты исследования были структурированы в виде аналитической матрицы, отражающей технические характеристики различных типов умного стекла и их влияние на ключевые свойства, такие как светопропускание и энергосбережение, что позволяет провести наглядное сравнительное исследование материалов и их эксплуатационных характеристик. В дополнение к этому были разработаны таблицы, систематизирующие потенциальные возможности и преимущества умного стекла в интерьерных и архитектурных решениях. Таблицы содержат примеры применения, такие как адаптивные перегородки, динамические фасады и энергосберегающие системы, а также данные об их влиянии на здоровье и комфорт пользователей.

Данный методологический подход обеспечил комплексное исследование роли смарт-стекла в архитектурных и интерьерных проектах и подтвердил его значимость для достижения целей устойчивого развития.

### Основные результаты

В таблице 1 представлена матрица, в которой систематизированы технические характеристики различных типов умного стекла и их влияние на ключевые свойства, такие как светопропускание, энергопотребление, долговечность и прочие эксплуатационные аспекты. В строках таблицы перечислены типы смарт-стекла, а столбцы представляют основные характеристики, что позволяет наглядно оценить и сравнить влияние каждого типа стекла на различные параметры эксплуатации.

Таблица 1 - Матричный анализ технических характеристик различных типов умного стекла и их влияния на эксплуатационные свойства

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.55.5.3>

Характеристики	EVA (Этиленвинилацетат)	TPU (Термопластичный полиуретан)	PVB (Поливинилбутираль)
Светопропускание, %	75-80	70-75	78-82
Энергопотребление, Вт/м <sup>2</sup>	3-4	3-5	3-4,5
Толщина, мм	От 6	От 8	От 6
Прочность на сжатие, МПа	500-2000	600-2500	700-2200
Долговечность (число циклов), млн.	Более 30	Более 25	Более 35
Устойчивость к УФ-излучению	Средняя	Высокая	Высокая
Гибкость	Низкая	Высокая	Средняя
Срок службы, лет	10-12	8-10	12-15
Применение (рекомендации)	Фасады, офисные перегородки	Медицинские учреждения, гибкие конструкции	Окна, защитные перегородки

Объяснение столбцов и строк таблицы 1:

Типы стекла (строки).

– EVA. Чаще всего используется в стандартных смарт-стеклах для окон и фасадов. Известно своей стабильностью и хорошим уровнем светопропускания.

– TPU. Отличается высокой гибкостью и прочностью. Применяется в медицинских учреждениях и других областях, где требуются гибкие конструкции.

– PVB. Часто используется в защитных конструкциях благодаря высокой прочности и устойчивости к ультрафиолетовому излучению.

Технические характеристики (столбцы).

– Светопропускание. Определяет количество света, проходящего через стекло, в процентах. Чем выше значение, тем больше естественного света проходит.

– Энергопотребление. Уровень потребления электроэнергии для поддержания функции смарт-стекла.

– Толщина. Определяет физическую толщину стекла, которая может влиять на его вес и варианты применения.

– Прочность на сжатие. Способность стекла выдерживать механическое давление.

– Долговечность (число циклов). Количество включений/выключений, которые стекло может выдержать без ухудшения свойств.

– Устойчивость к УФ-излучению. Способность материала сопротивляться разрушительному воздействию ультрафиолетовых лучей.

– Гибкость. Важный параметр для конструкций, требующих динамического изменения формы.

– Срок службы. Средняя продолжительность эксплуатации стекла до необходимости его замены.

– Применение (рекомендации). Определенные области применения на основании характеристик стекла.

В таблице 2 представлено применение умного стекла в интерьер-архитектуре, где указаны его возможности и преимущества для создания современных, гибких и экологичных пространств.

Таблица 2 - Применение умного стекла в интерьер-архитектуре: возможности и преимущества

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.55.5.4>

Применение	Описание	Преимущества	Примеры
Гибкие перегородки и зонирование	Использование умного стекла в качестве перегородок, меняющих прозрачность для создания гибких зон.	- Адаптация пространства под текущие потребности.	- Офисы открытого типа, квартиры-студии.
		- Увеличение приватности и естественного освещения.	- Конференц-залы и переговорные комнаты.
Интерактивные поверхности и зеркала	Умные зеркала и поверхности, которые переключаются между	- Функциональные элементы, отображающие	- «Умные» зеркала в ванных комнатах и спальнях.

Применение	Описание	Преимущества	Примеры
	зеркальным и прозрачным состоянием.	информацию.	
		- Повышение технологичности и эстетичности пространства.	- Витрины магазинов, интерактивные выставочные залы.
Контроль освещения и солнечных лучей	Автоматическое регулирование уровня светопропускания для улучшения освещенности и микроклимата.	- Снижение энергозатрат на освещение и кондиционирование.	- Офисные залы для встреч, помещения с большими окнами.
		- Улучшение условий работы за счёт контроля ослепления.	- Конференц-залы с мультимедийным оборудованием.
Декоративные элементы и акценты	Использование смарт-стекла в декоративных элементах, панелях с изменяемой прозрачностью и подсветкой.	- Создание уникального дизайна и визуальных эффектов.	- Художественные инсталляции, рестораны и бары.
		- Динамическое изменение обстановки в зависимости от задач.	- Архитектурные проекты с элементами интерактивного дизайна.
Применение в здравоохранении	Быстрое изменение прозрачности стеклянных стен и перегородок для обеспечения приватности в больницах.	- Улучшение комфорта пациентов, обеспечение необходимой приватности.	- Операционные, палаты в медицинских учреждениях.
		- Лёгкость в организации пространства для проведения процедур.	- Перегородки в диагностических кабинетах.

Таблица 3 иллюстрирует функциональные возможности умного стекла в различных интерьерах, одновременно показывая его вклад в устойчивое строительство.

Таблица 3 - Применение и преимущества умного стекла в различных типах интерьеров с учетом устойчивого строительства

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.55.5.5>

Тип интерьера	Применение умного стекла	Преимущества	Преимущества для устойчивого строительства
Частные интерьеры	Душевые кабины, экраны на ванну, зонирование гостиных, столовых, зимних садов, гардеробных. Остекление окон, беседок, балконов.	Обеспечивает приватность и эстетичность, оптимизирует светопрозрачность, создает гибкие решения зонирования.	Оптимизация естественного освещения, улучшение качества внутренней среды (теплоизоляция).
Деловые интерьеры	Смарт-перегородки для переговорных комнат, VIP-зон, кабинетов руководителей, разделение клиентских потоков и организации рабочих зон.	Повышает уровень конфиденциальности, снижает отвлекающие факторы, повышает комфорт и производительность.	Оптимизирует освещение, снижает энергозатраты на кондиционирование, поддерживает комфортную температуру.
Общественные интерьеры	Приватные зоны в клубах, ресторанах, барах. Остекление	Поддерживает конфиденциальность и эксклюзивность,	Увеличение безопасности, снижение

Тип интерьера	Применение умного стекла	Преимущества	Преимущества для устойчивого строительства
	бутиков и витрин, создание невидимых пространств ночью.	улучшает управление пространством и визуальной доступностью.	потребления энергии для освещения.
Специализированные помещения	Электрохромные стекла для телестудий, гримерных, салонов красоты. Умные перегородки для лабораторий, зон приема делегаций. Защита экспонатов в музеях и галереях.	Создает регулируемую приватность, защищает ценные экспонаты от UV-лучей, поддерживает контроль доступа.	Защита от ультрафиолета, повышение энергоэффективности, улучшение микроклимата.
Медицинские учреждения	Стены и перегородки, которые могут менять прозрачность для обеспечения приватности и комфорта пациентов.	Улучшение приватности для пациентов и врачей. Создание комфортной и спокойной обстановки, способствующей выздоровлению.	Оптимизация использования искусственного освещения, экономия на системах отопления и кондиционирования.

### Обсуждение

Результаты исследования демонстрируют высокую эффективность умного стекла в улучшении эксплуатационных характеристик зданий за счет использования уникальных технологий управления светопропусканием и теплоизоляцией. В таблице 1 представлена матрица технических характеристик различных типов умного стекла, которая наглядно показывает их различия и влияние на ключевые параметры, такие как светопропускание, энергопотребление и долговечность. Проведенный матричный анализ позволил систематизировать данные и выявить оптимальные решения для разных типов объектов, включая жилые, коммерческие и медицинские здания.

Одним из наиболее значимых результатов исследования является подтверждение, что умное стекло может снижать потребление электроэнергии на 20–30% за счет регулирования естественного освещения и теплопередачи [12]. Такой эффект особенно заметен в офисных зданиях, где гибкие перегородки из смарт-стекла обеспечивают равномерное распределение света, уменьшая необходимость в искусственном освещении и кондиционировании. Использование умного стекла в фасадных системах также повышает теплоизоляцию зданий, что снижает нагрузку на системы отопления и кондиционирования, способствуя энергосбережению [13].

Кроме экологических и экономических преимуществ, применение умного стекла в офисных и медицинских зданиях позитивно влияет на продуктивность и комфорт пользователей. В офисах гибкие перегородки способствуют адаптации пространства под потребности сотрудников, увеличивая их продуктивность и снижая усталость за счет оптимального естественного освещения и минимизации ослепления. В медицинских учреждениях, как показывают данные таблиц 2 и 3, умное стекло обеспечивает необходимую приватность пациентов, а также позволяет адаптировать уровень освещения в палатах и операционных. Это создает благоприятные условия для восстановления, снижая уровень стресса и улучшая качество ухода.

Результаты также показывают, что применение умного стекла в архитектуре поддерживает реализацию целей устойчивого развития, в частности, за счет снижения углеродного следа зданий. Регулируемое светопропускание и теплоизоляционные свойства умного стекла позволяют значительно уменьшить потребление энергии, необходимой для кондиционирования и отопления, что соответствует требованиям экостандартов, таких как LEED и BREEAM [14]. Сертификация по этим системам является значимым показателем экологической устойчивости зданий, и внедрение умного стекла может повысить рейтинг здания по данным стандартам.

Использование умного стекла способствует поддержанию циркадных ритмов человека за счет оптимизации естественного освещения, что особенно важно в регионах с недостатком солнечного света в зимний период. В таблицах 2 и 3, систематизирующей возможности применения умного стекла в архитектуре и интерьере, указаны данные о его положительном влиянии на условия обитания: контролируемое освещение способствует снижению стресса и усталости, а также улучшает общее самочувствие людей, особенно в офисных и жилых зонах. Для медицинских учреждений такие преимущества особенно важны, так как они обеспечивают более комфортную и психологически безопасную среду для пациентов.

Несмотря на значительные преимущества, результаты исследования также выявили определенные ограничения. Высокая стоимость установки и необходимость регулярного технического обслуживания являются факторами, сдерживающими широкое внедрение смарт-стекла в массовом строительстве [15]. Однако, учитывая растущий спрос на экологичные решения и перспективу снижения стоимости компонентов умного стекла, его применение может стать

более доступным. Повышение экономической доступности технологий и развитие инноваций способны сделать смарт-стекло конкурентоспособным решением в устойчивой архитектуре будущего.

В данном исследовании были детально рассмотрены возможности применения умного стекла в интерьер-архитектуре, что позволило выявить его уникальные свойства, функциональные особенности и преимущества для современных интерьеров. Представленные в таблице 2 результаты структурируют информацию о функциональных возможностях умного стекла, подтверждая его возрастающую популярность и широкие перспективы использования для создания динамичных и интерактивных пространств.

Одним из ключевых аспектов применения умного стекла является возможность использования его в качестве перегородок для зонирования пространства, особенно актуального в офисах и жилых помещениях [16]. Смарт-стекло обеспечивает гибкость, позволяя менять степень прозрачности, что способствует адаптации пространства под текущие нужды. Например, в офисных пространствах стекло может быть прозрачным для поддержания открытости и естественного освещения, а при необходимости мгновенно становится матовым, создавая приватные зоны для работы или совещаний. Это особенно полезно в офисах открытого типа и в жилых студиях, где смарт-стекло позволяет жителям адаптировать пространство под их текущие потребности, переключаясь между открытым и приватным планом. Данное применение умного стекла не только повышает комфорт, но и способствует более эффективному использованию пространства.

Смарт-стекло также может выступать в качестве интерактивных поверхностей, таких как «умные» зеркала [17]. Данные таблицы демонстрируют, что такое использование особенно востребовано в «умных» домах и гостиницах высокого класса. Умные зеркала могут переключаться между зеркальным и прозрачным состоянием и даже отображать информацию, такую как погода или расписание [18]. В ванной комнате или спальне такие зеркала добавляют функциональность, превращая повседневные элементы в технологически продвинутые и эстетически привлекательные решения. В коммерческих пространствах, таких как магазины, умные зеркала могут быть использованы в интерактивных витринах для демонстрации информации о товарах, что усиливает привлекательность интерьера для посетителей [19].

Результаты исследования также подтверждают значительное влияние умного стекла на контроль освещенности и солнечных лучей, что делает его эффективным заменителем традиционных штор и жалюзи. Динамическое управление светопропусканием позволяет умному стеклу автоматически изменять прозрачность в зависимости от уровня освещенности и времени суток [20]. Это свойство особенно полезно в залах для встреч и переговоров, где необходимо создать комфортную и продуктивную обстановку, избегая ослепления и необходимости ручного управления солнцезащитными устройствами. В конференц-залах подобная функция способствует удобству работы с мультимедийными устройствами и позволяет контролировать уровень освещения в соответствии с задачами мероприятия.

Также было выявлено, что умное стекло может выступать в роли декоративных элементов, таких как панели с изменяемым рисунком или подсветкой [21]. Это свойство делает его востребованным для создания акцентных элементов, привлекающих внимание и подчеркивающих уникальный стиль помещения. В ресторанах и барах, например, смарт-стекло используется для создания приватных зон, обеспечивая гостям дополнительный комфорт и возможность уединения. В художественных инсталляциях и музеях умное стекло может быть интегрировано в экспозиции, где оно становится динамическим элементом, добавляющим эстетическую и функциональную ценность экспонатам.

Применение смарт-стекла в медицинских учреждениях также нашло широкое признание благодаря его способности обеспечить высокую степень приватности и создать комфортные условия для пациентов. Переключение стекла между прозрачным и матовым состоянием позволяет медицинскому персоналу быстро адаптировать помещения под нужды процедур или отдыха, что способствует улучшению качества ухода за пациентами [22]. Данные таблиц 2 и 3 демонстрируют, что в больницах смарт-стекло используется не только для создания приватности, но и для оптимизации освещения, что особенно важно в условиях интенсивной терапии и реабилитации, где поддержание комфортного микроклимата играет ключевую роль.

Данное исследование подчеркивает, что умное стекло предоставляет целый ряд преимуществ для интерьеров, включая адаптивность и гибкость, которые позволяют создать изменяемые по функциям пространства. Эстетический и технологичный вид смарт-стекла делает его привлекательным для интерьеров премиум-класса, а функциональность устраняет необходимость в дополнительных элементах управления светом. Эти аспекты делают умное стекло универсальным решением для широкого круга задач. Так, в офисах IT-компаний оно позволяет создать инновационную и функциональную рабочую среду, а в гостиницах премиум-класса смарт-стекло используется для повышения комфорта гостей в номерах. В музеях и галереях динамическое управление экспозициями за счет переключения стекла между прозрачным и матовым состоянием предоставляет уникальные возможности для представления произведений искусства, усиливая их визуальное восприятие.

Подводя итоги, можно отметить, что использование умного стекла в интерьер-архитектуре объединяет передовые технологии и эстетические качества, открывая новые горизонты для инновационных и функциональных решений. Это решение способствует созданию современных, экологически чистых и адаптивных пространств, повышая их комфорт и визуальную привлекательность. Таким образом, умное стекло представляет собой перспективную технологию для применения в интерьере будущего.

### **Заключение**

Современное применение умного стекла в архитектуре и дизайне открывает новые возможности для повышения функциональности и устойчивости зданий. Этот инновационный материал способен адаптироваться к уровню освещенности, регулируя светопропускание и создавая комфортный микроклимат, что помогает существенно снизить

потребление энергии. Умное стекло не только улучшает качество жизни, но и способствует экологическим целям, позволяя проектировать здания, соответствующие стандартам устойчивого строительства.

Будущие исследования в этой области могут быть направлены на разработку более доступных решений и оценку долгосрочных эффектов, которые умное стекло оказывает на эксплуатационные характеристики зданий. Внедрение смарт-стекла в системы управления зданиями и его использование в рамках концепции «умных» городов — важный шаг на пути к экологически чистым, энергосберегающим пространствам.

Таким образом, умное стекло можно рассматривать как неотъемлемую часть будущих строительных решений. Его применение охватывает широкую сферу — от офисов и жилых помещений до медицинских учреждений, где особенно важно сочетание приватности и комфорта. Умное стекло отвечает требованиям времени, делая архитектуру и интерьер более гармоничными и функциональными, что подчеркивает его значимость для реализации современных целей устойчивого развития.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Пашкова Л.А., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова", Белгород, Российская Федерация, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова", Белгород, Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.55.5.6>

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

Pashkova L.A., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov", Belgorod, Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov", Belgorod, Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.55.5.6>

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Rezaei S.D. A review of conventional, advanced, and smart glazing technologies and materials for improving indoor environment / S.D. Rezaei, S. Shannigrahi, S. Ramakrishna // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. — 2017. — Vol. 159. — P. 26–51.
2. Casini M. Smart windows for energy efficiency of buildings / M. Casini [et al.] // *Proceedings of Second International Conference on Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering—ACSEE*. — 2014. — P. 273–281.
3. Khoo I.C. Cholesteric and blue-phase liquid photonic crystals for nonlinear optics and ultrafast laser pulse modulations / I.C. Khoo // *Liquid Crystals Reviews*. — 2018. — Vol. 6. — № 1. — P. 53–77.
4. Granqvist C.G. Electrochromic glazing for energy efficient buildings / C.G. Granqvist // *Nanotechnology in Eco-efficient Construction*. — Woodhead Publishing, 2019. — P. 467–501.
5. Mustafa M.N. Smart window technology and its potential for net-zero buildings: a review / M.N. Mustafa [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 2023. — Vol. 181. — P. 113355.
6. Lee C.K.M. Formulation and prioritization of sustainable new product design in smart glasses development / C.K.M. Lee, L. Lui, Y.P. Tsang // *Sustainability*. — 2021. — Vol. 13. — № 18. — P. 10323.
7. Sun M. Energy-Efficient Smart Window Based on a Thermochromic Hydrogel with Adjustable Critical Response Temperature and High Solar Modulation Ability / M. Sun, H. Sun, R. Wei [et al.] // *Gels*. — 2024. — № 10. — P. 494. — DOI: [10.3390/gels10080494](https://doi.org/10.3390/gels10080494).
8. Zhang Z. Designing and implementing smart glass technology for emergency medical services: a sociotechnical perspective / Z. Zhang [et al.] // *JAMIA open*. — 2022. — Vol. 5. — № 4. — P. ooa113.
9. Ghosh A. Active smart switchable glazing for smart city: A review / A. Ghosh [et al.] // *Journal of Building Engineering*. — 2024. — P. 108644.
10. Brunoro S. Smart Façades: Technological Innovations in Dynamic and Advanced Glazed Building Skins for Energy Saving / S. Brunoro [et al.] // *IntechOpen Series Civil Engineering*. — 2024. — Vol. 4. — P. 99–128.
11. Li C.C. Versatile energy-saving smart glass based on tristable cholesteric liquid crystals / C.C. Li [et al.] // *ACS Applied Energy Materials*. — 2020. — Vol. 3. — № 8. — P. 7601–7609.
12. Cannavale A. Smart electrochromic windows to enhance building energy efficiency and visual comfort / A. Cannavale [et al.] // *Energies*. — 2020. — Vol. 13. — № 6. — P. 1449.
13. Feng W. Gasochromic smart window: optical and thermal properties, energy simulation and feasibility analysis / W. Feng [et al.] // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. — 2016. — Vol. 144. — P. 316–323.
14. Akram M.W. Global technological advancement and challenges of glazed window, facade system and vertical greenery-based energy savings in buildings: A comprehensive review / M.W. Akram [et al.] // *Energy and Built Environment*. — 2023. — Vol. 4. — № 2. — P. 206–226.
15. Ke Y. Smart windows: electro-, thermo-, mechano-, photochromics, and beyond / Y. Ke [et al.] // *Advanced Energy Materials*. — 2019. — Vol. 9. — № 39. — P. 1902066.
16. Tong S.W. A review of transparent-reflective switchable glass technologies for building facades / S.W. Tong [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 2021. — Vol. 152. — P. 111615.



17. Rashdan W. The impact of innovative smart design solutions on achieving sustainable interior design / W. Rashdan // WIT Transactions on Ecology and the Environment. — 2016. — Vol. 204. — P. 623–634.
18. Mohamed A.S.Y. Smart materials innovative technologies in architecture; towards innovative design paradigm / A.S.Y. Mohamed // Energy Procedia. — 2017. — Vol. 115. — P. 139–154.
19. Poncin I. The impact of “e-atmospherics” on physical stores / I. Poncin, M.S.B. Mimoun // Journal of Retailing and Consumer Services. — 2014. — Vol. 21. — № 5. — P. 851–859.
20. Casini M. Active dynamic windows for buildings: A review / M. Casini // Renewable Energy. — 2018. — Vol. 119. — P. 923–934.
21. Louter C. Adaptive and composite thin glass concepts for architectural applications / C. Louter [et al.] // Heron. — 2018. — Vol. 63. — № 1/2. — P. 199–218.
22. Leydecker S. Designing the patient room: a new approach to healthcare interiors / S. Leydecker. — Birkhäuser, 2017.