

СОХРАНЕНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ЗДАНИЙ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

- **Чжу Синьюй**, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия
- **Биань Ивэнь**, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия
- **Лю Чан**, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

PRESERVING THE ARCHITECTURAL HERITAGE OF BUILDINGS WHEN INTEGRATING PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

- **Zhu Xinyu**, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
- **Bian Yiwen**, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
- **Liu Chang**, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Рассмотрена технология BIPV-интеграции фотоэлектрических модулей в архитектуру зданий, имеющих историческое и культурное значение, проведен анализ фотоэлектрических модулей и рекомендован наиболее эффективный вид для энергообеспечения. В результате проведения анализа выявлено, что современные фотоэлектрические модули могут быть выполнены в различных формах, размерах и цветах, это позволяет архитекторам органично вписывать их в дизайн зданий, руководствуясь архитектурной эстетикой.

Ключевые слова: архитектурное наследие, фотоэлектрические модули, BIPV - технологии, интеграция.

The technology of BIPV integration of photovoltaic modules into the architecture of buildings of historical and cultural significance is considered, an analysis of photovoltaic modules is conducted and the most efficient type for energy supply is recommended. As a result of the analysis, it was revealed that modern photovoltaic modules can be made in various shapes, sizes and colors, which allow architects to organically fit them into the design of buildings, guided by architectural aesthetics.

Key words: architectural heritage, photovoltaic modules, BIPV technologies, integration.

Введение

Сегодня мир обладает множеством ценных архитектурных памятников, представляющих культурное наследие человечества — от древних сооружений до промышленных и современных построек. Их сохранение требует постоянного совершенствования методов консервации, особенно учитывая стремительное развитие технологий и изменение общественных приоритетов.

Одним из перспективных направлений является сочетание интегрированных фотоэлектрических систем с задачей охраны исторического

облика зданий. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью защиты внешнего вида старинных строений одновременно с эффективным использованием возобновляемой энергии в условиях современного экологического курса.

Интеграция фотоэлектрических панелей в архитектуру зданий — это процесс включения солнечных батарей непосредственно в элементы конструкции здания для генерации электроэнергии от солнечного света. Этот подход позволяет сочетать эстетические и функциональные аспекты архитектуры с экологическими целями устойчивого развития [1,2].

Основная часть

В статье рассмотрен вариант BIPV (Building Integrated Photovoltaics) интеграции солнечных панелей непосредственно в конструкцию здания, заменяя традиционные строительные материалы. Солнечные панели становятся частью здания, обеспечивая энергоснабжение, теплоизоляцию, защиту от шума и светопропускаемость. Использование такого типа интеграции имеет ряд преимуществ.

Прежде всего это его энергоэффективность, так как встраивание фотоэлектрических модулей позволяет зданию генерировать электроэнергию на месте, снижая зависимость от внешних источников энергии и способствуя устойчивому развитию городской среды. Поскольку солнечные батареи становятся частью самой структуры здания, нет необходимости выделять дополнительные площади под их установку и следовательно, экономится пространство.

Современные фотоэлектрические модули могут быть выполнены в различных формах, размерах и цветах, что позволяет архитекторам органично вписывать их в дизайн зданий, руководствуясь архитектурной эстетикой. Кроме того, замена традиционных строительных материалов на фотоэлектрические панели может снизить общие затраты на отделку фасада или кровли. Пример применения такой технологии приведен на рис. 1.

Культурный центр Цзянсинюй Западного сада Шаньшуй — один из уникальных культурных объектов Китая, расположенный недалеко от города Чэнду провинции Сычуань. Этот комплекс сочетает элементы традиционной китайской архитектуры и садово-паркового искусства шаньшуй («горы и вода»), создавая гармоничное пространство для культурного отдыха и духовного развития посетителей.

Центр начал свою историю около трех десятилетий назад, первоначально являясь небольшим парком, посвященным традициям чайных церемоний и чайной культуры региона Сычуань. Постепенно парк расширялся, включая новые павильоны, галереи, музеи и другие объекты, объединяя традиционные китайские архитектурные стили и современные дизайнерские решения. Именно такие решения, как использование фотоэлектрических модулей на кровле здания обеспечивают не только надежное и качественное электроснабжение, но и придают комплексу необычный вид, сохраняя необходимые функции помещений и традиционные архитектурные решения.

Солнечная энергия, которая является основным источником, используется для получения электроэнергии и горячего водоснабжения.

Для обеспечения температурного режима зданий необходимо предусмотреть поступление солнечной энергии внутрь помещений в разное время года.



Рис. 1. Культурный центр Цзянсинюй Западного сада Шаньшуй (КНР) [3]

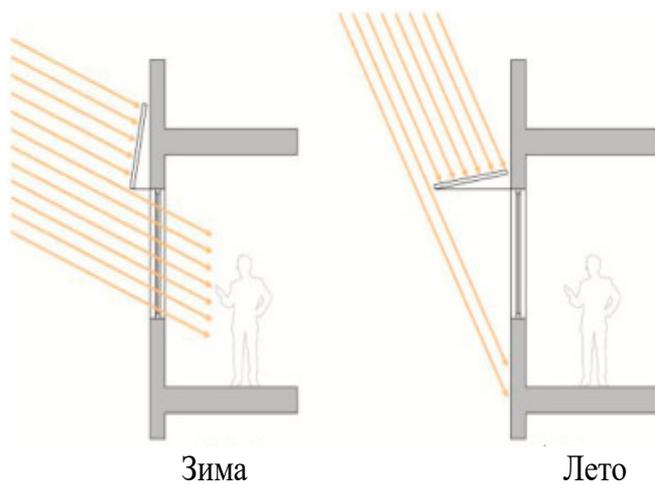


Рис. 2. Принцип сезонной работы подвижного устройства для затенения солнечных батарей.

Для этого могут быть использованы фотоэлектрические модули, которые не только вырабатывают электроэнергию, но и служат затеняющим устройством на южной стороне здания (рис.2). Такое решение помогает снизить тепловую нагрузку на здание, при увеличении выработки электроэнергии на 2% [4].

Такие устройства являются подвижными, что позволяет управлять естественным освещением

и оптимизировать работу фотоэлектрических модулей в разные периоды года.

Объекты архитектурного наследия в отличие от обычных зданий, требуют бережного отношения к строениям и строгого соблюдения исторических функций. Для этого необходимо использовать фотоэлектрические модули, которые бы соответствовали этим требованиям.

Проанализированы характеристики фотоэлектрических модулей, которые могут быть использованы для технологии BIPV, результаты анализа показаны в таблице 1.

Результаты анализа и обсуждение

На основе данных анализа были рекомендованы наиболее целесообразные для BIPV-систем фотоэлектрические модули. Выбор типа фотоэлектрических панелей зависит от конкретных задач проекта, бюджета, архитектурных требований и ожидаемой эффективности.

При использовании BIPV-технологии для зданий, имеющих историческую ценность, предпочтение лучше отдавать тонким пленочным панелям, OPV и перовскитным технологиям, так как они легко интегрируются в архитектуру и могут принимать разнообразные формы.

Таблица 1 – Характеристики фотоэлектрических модулей

Тип ФЭМ	Характеристика	Применение
Монокристаллические кремниевые модули	Изготовлены из одного кристалла чистого кремния. Обладают высоким КПД (около 20%) и долговечностью.	Используются в обеих системах BIPV типа, особенно популярны в проектах, где требуется высокая эффективность и длительный срок службы
Поликристаллические кремниевые модули	Производятся из множества мелких кристаллов кремния. Имеют чуть меньший КПД (15-18%), но стоят дешевле монокристаллических аналогов.	Могут использоваться и в BIPV, особенно в бюджетных проектах, а также в системах, где важны баланс цены и производительности.
Тонкопленочные модули	Изготавливаются путем нанесения тонких слоев полупроводниковых материалов на подложку. Включают аморфный кремний, кадмий-теллурид (CdTe), медь-индий-галлий-диселенид (CIGS).	Широко используются в BIPV-системах благодаря своей гибкости и возможности интеграции в различные поверхности. Менее эффективны (КПД около 10-13%), но хорошо подходят для фасадов и крыш сложной формы.
Органические фотоэлектрические модули (OPV)	Созданы на основе органических полимеров. Легки, гибки и могут быть прозрачными, что делает их идеальными для использования в окнах и других прозрачных конструкциях.	Применяются преимущественно в BIPV-проектах, где важен дизайн и возможность интеграции в сложные архитектурные элементы. Эффективность пока относительно низкая (до 12%).
Перовскитные фотоэлектрические модули	Новые разработки, основанные на перовскитных материалах. Обещают высокий КПД (более 25%) и низкую себестоимость производства.	Пока находятся на стадии исследований и разработок, но имеют большой потенциал для использования в будущих BIPV-системах.

Монокристаллические и поликристаллические панели остаются популярными для большинства проектов, тогда как тонкие пленки и новые технологии открывают перспективы для более сложных и инновационных решений.

Монтаж солнечных панелей на фасаде зданий имеет свои особенности, которые следует учитывать для обеспечения надежности, безопасности и максимальной эффективности системы. При этом необходимо обратить внимание на следующие моменты. Если здание имеет историческую ценность или является памятником архитектуры, любое вмешательство должно быть тщательно продумано. Установка солнечных панелей должна соответствовать стилю эпохи и не портить оригинальный облик здания. В некоторых случаях может потребоваться согласование с органами охраны культурного наследия.

Заключение

Таким образом, интеграция фотоэлектрических панелей в здания с сохранением архитектурного наследия, представляет собой перспективный путь к созданию энергоэффективных и экологически устойчивых сооружений. Благодаря развитию технологий и повышению доступности солнечных модулей, этот подход становится все более популярным среди архитекторов и застройщиков. При этом важно подчеркнуть значимость бережного отношения к историческим объектам и внедрения технологически обоснованных нововведений, гармонично соединяющих традиционность и современные решения.

Исследование в этом направлении следует продолжать потому, что оно позволяет объединить цели сохранения культурных артефактов с внедрением экологически чистых энергетических решений в строительной сфере, приближаясь к глобальной задаче декарбонизации экономики.

Список литературы

1. Якушев, А. М. Интеграция фотоэлектрической станции в архитектуру зданий / А. М. Якушев, С. С. Шипилов // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. – 2025. – Т. 13, № 1. – С. 69-73.

2. Aelenei, L., Gonçalves, H., Lopes, R.A., Rodrigues, E., Almeida, M.G., Barbosa, R.S. (2016). Review on the main building-integrated renewable energy sources and technologies effectiveness in European warm climates. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, pp. 1250-1259.

3. Advanced solar power, <http://www.advsolarpower.com/case/case-info/7/327> (Дата обращения 27.04.2025 г.)

4. C. Vassiliades, R. Agathokleous, G. Barone, C. Forzano, G.F. Giuzio, A. Palombo, A. Buonomano, S. Kalogirou (2022) Building integration of active solar energy systems: A review of geometrical and architectural characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V. 164, 112482.

References

1. Yakushev, A. M. Integration of photovoltaic power plant into building architecture / A. M. Yakushev, S. S. Shipilov // Energy and resource saving in heat and power engineering and the social sphere: Proceedings of the International scientific and technical conference of students, graduate students, scientists. - 2025. - Vol. 13, No. 1. - P. 69-73.

2. Aelenei, L., Gonçalves, H., Lopes, R. A., Rodrigues, E., Almeida, M. G., Barbosa, R. S. (2016). Review on the main building-integrated renewable energy sources and technologies effectiveness in European warm climates. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, pp. 1250-1259.

3. Advanced solar power, <http://www.advsolarpower.com/case/case-info/7/327> (Accessed 04/27/2025)

4. C. Vassiliades, R. Agathokleous, G. Barone, C. Forzano, G.F. Giuzio, A. Palombo, A. Buonomano, S. Kalogirou (2022) Building integration of active solar energy systems: A review of geometrical and architectural characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, V. 164, 112482.

Сведения об авторах

Чжу Синьюй - магистрант, ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, chzhu.s@yandex.com.

Биань Ивэнь - магистрант, ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, bianyiwen1001@gmail.com.

Лю Чан - магистрант, ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, fluent926@yandex.ru.