ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online
СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION
2012, ТОМ 8, НОМЕР 4, 167–175
УДК 72.012.6+621.383.51+69.057+620.92

ФАСАД, ЩО ПРОДУКУЄ ЕНЕРГІЮ

О. Л. Нікіфоров, І. К. Бічев
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, Україна, 65029.
E-mail: san-one@te.net.ua

Отримана 2 жовтня 2012; прийнята 21 грудня 2012.

Анотація. Багато дослідників говорять про надзвичайне скорочення запасів вуглеводнів, корисних копалин, що є основою сучасної енергетики. У зв'язку з цим ідея використання сонячних батарей, що вбудовані у фасад будинку, є надзвичайно актуальною, адже таким чином використовується велика площа, необхідна для ефективної роботи сонячної батареї. У цій статті представлені основні поняття про фасадні системи, що продукують електроенергію, принцип роботи сучасних фотогальванічних елементів. Надане уявлення про світлопрозорі фасадні конструкції, що виробляють електроенергію. Розглянута найбільш ефективна за співвідношенням «ціна-якість» комплектація фотовольтажної установки. Розглянуті питання планування потужності та експлуатації такої фасадної системи. Надана класифікація різних типів елементів, що використовуються для виробництва фасадних фотогальванічних панелей. Детально розглянуто процес монтажу фасадної системи сонячних батарей. Зроблені висновки про перспективи розвитку технології в Україні та необхідні кроки для її кращого використання.

Ключові слова: альтернативна енергетика, фотогальванічні фасадні системи, монтаж навісної фасадної системи, розрахунок та експлуатація сонячної батареї.

ФАСАД, ПРОДУЦИРУЮЩИЙ ЭНЕРГИЮ

А. Л. Никифоров, И. К. Бичев
Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
ул. Дидрихсона, 4, г. Одесса, Украина, 65029.
E-mail: san-one@te.net.ua

Получена 2 октября 2012; принята 21 декабря 2012.

Аннотация. Многие исследователи говорят о стремительном уменьшении запасов углеводородов, полезных ископаемых, являющихся основой современной энергетики. В данных условиях идея о применении солнечных батарей, встроенных в фасад здания, является актуальной, ведь таким образом используется большая площадь, необходимая для эффективной работы солнечной батареи. В данной статье представлены основные понятия о фасадных системах, продуцирующих электричество, принципе работы современных фотогальванических элементов. Дано представление о светопрозрачных фасадных конструкциях, производящих электроэнергию. Рассмотрена наиболее эффективная по соотношению «цена-качество» комплектация фотовольтажной установки. Рассмотрены вопросы планирования мощности и эксплуатации такой фасадной системы. Приведена классификация разных типов элементов, использующихся при производстве фасадных фотогальванических панелей. Детально рассмотрен процесс монтажа фасадной системы солнечных батарей. Сделаны выводы о перспективах развития технологии в Украине и необходимых шагах для её лучшего применения.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, фотогальванические фасадные системы, монтаж навесной фасадной системы, расчёт и эксплуатация солнечной батареи.

FACE, PRODUCING ENERGY

Oleksiy Nikiforov, Ihor Bichev
Odessa State Academy of Building and Architecture,
4, Didrichsona Str., Odessa, Ukraine, 65029.
E-mail: san-one@te.net.ua

Received 2 October 2012; accepted 21 Desember 2012.

Abstract. A lot of scientists talk nowadays about extremely fast reduction of hydrocarbon minerals, on which modern power engineering is based. That's why the idea of usage solar panels in facade constructing is up-to-date. In such case large space which necessary for effective work of solar battery is used. This article presents basic principles of photovoltaic facade systems and «Solar windows» technology. Idea of translucent facade construction, produced electric energy has been given. The most efficacious package, power planning and exploitation of solar facade system has been considered. The classification of different type elements used during face photovoltaic planes production has been given. Process of installing solar panels has been considered in details. Conclusion about perspectives of such technology in Ukraine has been made.

Keywords: alternative energy, photovoltaic facade systems, installing solar panels, power planning and exploitation of solar panels.

Цели и задачи исследования:

- дать наиболее полное понятие о технологии производства электричества с помощью фасадных фотогальванических систем;
- разработать классификацию фасадных солнечных батарей по типу используемых элементов и по способу реализации проектного решения;
- дать представление о производстве монтажных работ при установке фасадных фотогальванических систем.

Основная часть

Поясним принцип работы солнечной батареи. Фотогальванический процесс преобразует солнечный свет в электрическую энергию. Для этого необходим полупроводник со структурой, подобной той, которая применяется в электронике при изготовлении интегральных схем («чипов»). Полупроводниковые кристаллы – в основном, из кремния – преобразуют попадающие на них кванты света (фотоны) в электрический ток. Ток собирается через металлические контакты. Множество фотоэлементов собирается в блоки. Такие блоки, или фотогальванические панели, защищенные от воздействий окружающей среды стеклом и полимерами, составляют основу солнечной (фотогальванической) установки [4, 5].

Рисунок 1. Фасад, оборудованный встроенными фасадными панелями компании Schüco.

Необходимо заметить, что сегодня существуют, кроме непрозрачных фасадных фотогальванических установок, оконные системы, продуцирующие электроэнергию. Их КПД значительно ниже, чем у непрозрачных систем. Существуют разные технологии производства таких окон, однако все они на данный момент обладают низкой рентабельностью.

Сравнительная классификация технологий энергопроизводящих фасадов (для системы номинальной мощностью 1 кВт) [7, 8] приведена в табл. 1.

Солнечные модули могут вырабатывать лишь постоянный ток. Имеется много электропотребителей, использующих именно постоянный ток (зарядка аккумуляторов, освещение, радиоаппа-

Таблица 1. Сравнительная классификация технологий энергопроизводящих фасадов

Наименование	КПД, %	Прозрачность, %	Производимая энергия
Непрозрачные фасадные панели компании Schüco	17,5 %	непрозрачны	175 Вт
Светопрозрачные фасадные панели компании EnSol	не более 6 %	не менее 65 %	60 Вт

ратура и т. д.), но большинство потребителей интересует переменный ток, напряжением не меньше 220 В. Потому комплектация любой солнечной установки (например рис. 2) обязательно должна включать следующие составляющие:

- Солнечный контроллер – это пульт управления энергетической системой. Контроллер не допускает перегрузки системы или обратного тока в ночное время.
- Инвертор, преобразующий постоянный электрический ток от солнечных батарей в переменный, необходимый для питания электроприборов.
- Устройство автоматического ввода резерва (АВР), позволяющее переключить питание объекта при отсутствии солнечной энергии и полном разряде аккумуляторов на электросеть.
- Собственно комплект панелей.
- Монтажная система, состоящая из прижимных и декоративных планок, крепёжных стоек и ригелей, представляющих собой систему кронштейнов.
- Провода, соединяющие элементы установки в единое целое [2].

При планировании мощности установки следует руководствоваться следующими факторами:

- В среднем, один квадратный метр панели с фотоэлементами вырабатывает 90–125 кВт-час переменного тока в год (1/3 в зимнее и 2/3 в летнее полугодие).
- Средняя семья из 4-х человек потребляет около 3 000 кВт-час электроэнергии в год (без расхода на производство горячей воды).
- На кВт установленной мощности потребляющих приборов необходимо 800–900 кВт-час электроэнергии.
- Типичному хозяйству для 100 % покрытия годовой потребности в электроэнергии необходима установка фотогальванических (солнечных) батарей площадью 25–35 м^2 [1] .

Разумеется, это приблизительные данные, более точным расчётом занимаются специалисты инжиниринговой компании.

Кроме того, необходимо согласовать архитектурное решение фасада в соответствующих инстанциях, а также решить, есть ли финансовая возможность воплотить данное решение в жизнь.

К сожалению, на данный момент технология не имеет широкого распространения в Украине, потому специальная нормативная база ещё не разработана. Кроме того, в виду специфики работы с фотогальваническими фасадными панелями, требуются специалисты соответствующего профиля. На данный момент их обучение производится по месту работы, что не способствует высокому качеству производства работ.

При эксплуатации фотогальванических установок, как правило, специальное обслуживание не требуется – достаточно регулярного осмотра.

Рисунок 2. Типовая схема комплектации фасадной солнечной батареи.

Рисунок 3. Фасад с фотогальваническими модулями компании Faceactive.

Для установок средней и большой мощности рекомендуется применение счетчиков продуцируемой энергии.

Фотогальваническая установка не содержит движущихся частей, поэтому срок ее эксплуатации очень большой. Фотоэлементы со временем мало изменяют производительность (80 % номинальной мощности после 20 лет эксплуатации). Срок эксплуатации определяется только механическими повреждениями и составляет 20–30 лет [1].

Выше изложенные факты говорят о том, что использование солнечных батарей в фасадных системах нисколько не обременит домовладельца, напротив, даст возможность значительно сэкономить на электроэнергии, при этом не требуя больших дополнительных площадей.

Классификация

Рассмотрим виды энергопроизводящих элементов, применяемые при производстве панелей.

- Монокристаллические СБ созданы на основе монокристалла кремния, выращенного из расплава поликристаллического кремния, распиленного и отполированного. Средняя производительность таких батарей составляет до 19 % от установленной мощности. Т. е. установив систему номинальной мощностью 1 кВт, Вы фактически получаете в час 190 Ватт электрической энергии. Область применения самая разнообразная, от мини коттеджей и туристических комплектов, заканчивая мегаватными станциями. Чаще всего применяется в проектах с установленной мощностью до 10 кВт.
- Поликристаллические СБ производятся на основе поликристаллического кремния, полученного методом направленной кристаллизации и распиленного на пластины. Средняя производительность таких батарей составляет до 16 % от установленной мощности. Основное применение поликристаллических панелей: при необходимости отдельных элементов мощностью свыше 200 ватт.
- Тонкопленочные фотовольтажные модули (Thin Film Technology) являются самыми производительными солнечными батареями из доступных в Украине – их КПД приближен к 25 % показателю. Основное предназначение этих модулей – это генерация энергии в промышленных объёмах. За счёт высокого вольтажа и низкого ампеража эти модули имеет смысл устанавливать на объектах, где суммарная установленная мощность должна превышать 10 кВт. Фактическая производительность 10 кВт системы в час составляет 2,5 кВт электрической энергии. Главное преимущество этих панелей – это выработка энергии при рассеянном солнечном свете и в пасмурную погоду. Ограничением является площадь, которую они занимают – для сравнения 10 кВт установленной мощности займёт площадь 183 м^2.

Среди всех вышеперечисленных продуктов следует выделить два типа солнечных панелей:

Монокристаллические панели – идеально подходящие для климатических условий Украины. Для проектов off-grid генерации с применением аккумуляторных батарей, в случае, если установленная мощность не должна превышать 10 кВт, это самый разумный выбор и с точки зрения эффективности, и с точки зрения цены.

Тонкопленочные фотовольтажные модули (Thin Film Technology) идельно подходят для off-grid и on-grid систем при установленных мощностях свыше 10 кВт.

Но что же такое системы off-grid и on-grid? Ответ на этот вопрос покажет нам разницу различных способов реализации проектного решения.

- Автономные (off-grid), работающие без подключения к сети, т. е. солнечные модули генерируют электричество для освещения, питания телевизора, радио, насоса, холодиль-

ника или ручного инструмента. Для хранения энергии используются аккумуляторные батареи.

- Соединенные с сетью (on-grid) – в этом случае объект подключен к сети централизованного электроснабжения. Избыток электрической энергии продается компании-владельцу распределительных сетей по согласованному тарифу.
- Резервные системы, в которых фотоэлектрические системы подключаются к сетям низкого качества. И в случае отключения сети или недостаточного качества сетевого напряжения нагрузка частично или полностью покрывается солнечной системой [2].

Монтаж фасадных фотогальванических систем

В общем случае, производство монтажных работ можно разделить на три основных этапа:

- Подготовительные работы, монтаж элементов каркаса, теплоизоляционных плит.
- Установка энергопродуцирующих стеклопакетов, монтаж соединительных кабелей, сопутствующего оборудования.
- Монтаж прижимных, декоративных планок, герметизация и устройство примыканий к зданию (рис. 4).

Следует заметить, что оптимизированный раскрой материалов согласно проектной документации и частичная подготовка стоек и ригелей происходит на производстве: торцевание, подрезка в угол, фрезерование, сверление, крепление изолятора и опор клипс к стойкам и ригелям. Частичная обработка профилей на производстве на профессиональном оборудовании исключает неточности и некачественную работу в условиях строительной площадки. Дальнейшая сборка выполняется на строительной площадке. Рассмотрим подробнее каждый из этапов. К подготовительным работам относятся штукатурные работы, которые производятся до монтажа элементов каркаса, нанесение осей разметки под крепёжные отверстия, выполняемое точечным лазером.

Затем приходит черёд крепления кронштейнов к межэтажным перекрытиям. Кронштейны предназначены для крепления каркаса. Сверление отверстий производится перфоратором. Крепление кронштейнов к межэтажным перекрытиям и основанию фасада производится высокопрочными анкерными болтами из расчета 2 шт. на кронштейн.

Рисунок 4. Пример монтажа фасадной солнечной батареи.

Следующим этапом является крепление стоек к кронштейнам и соединение стоек посредством ригелей (рис. 5). Стойки крепятся к кронштейнам болтовыми соединениями. Ригель крепится к стойке при помощи Т-соединителя винтами (4 винта на один Т-соединитель). Крепежный винт вкручивается электровинтовертом с динамометрическим ограничителем.

Учитывая специфику работы с панелями солнечных батарей, заметим, что работы по монтажу стоечно-ригельной системы предпочтительнее доверять работникам с навыками электромонтажников.

Теплоизоляционные минераловатные плиты крепятся к межэтажным плитам перекрытия. Плиты крепятся пластиковыми дюбелями. Дюбель забивается, утопив шляпку вровень с поверхностью плиты теплоизоляционного материала.

В целом, можно сказать, что монтаж производится по аналогии с установкой систем навесного фасада.

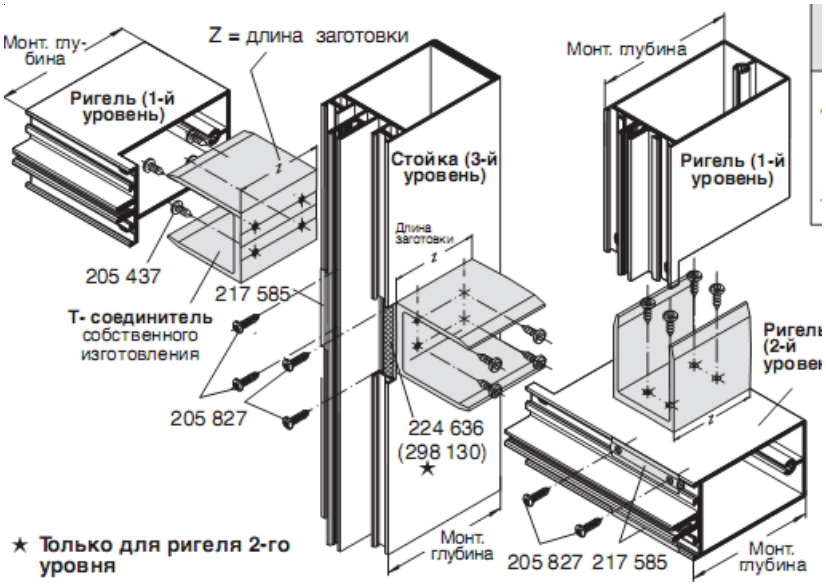

Рисунок 5. Монтаж стыков стойка-ригель.

Также следует заметить, что соединительные пазы между стеклопакетами и профилями каркаса необходимо оборудовать уплотнителями для обеспечения бесшумного движения и скольжения панелей. В местах стыковки стоек вставляется вставной профиль (предварительно покрытый лаком для лучшего скольжения и привинченный к одной стойке), защитный профиль. Каждый паз под уплотнение должен быть обработан в обозначенных местах уплотнительно-клеевой массой.

Транспортировка и хранение фасадных солнечных панелей осуществляется в специальной таре, обеспечивающей одновременную опору всех элементов и исключающей их изгиб и искривление.

При монтаже не должна нарушаться ориентация панелей (внутренняя/внешняя сторона, верхний/нижний край панели). Монтаж следует производить с помощью ручных вакуум-присосок или траверс, снабженных вакуум-присосками. Установка панелей в переплеты производится в направлении сверху вниз.

Работы по электромонтажу (рис. 6) выполняются электромонтажниками 4 и 5 разрядов. Монтаж начинается с подготовительных работ – мар-

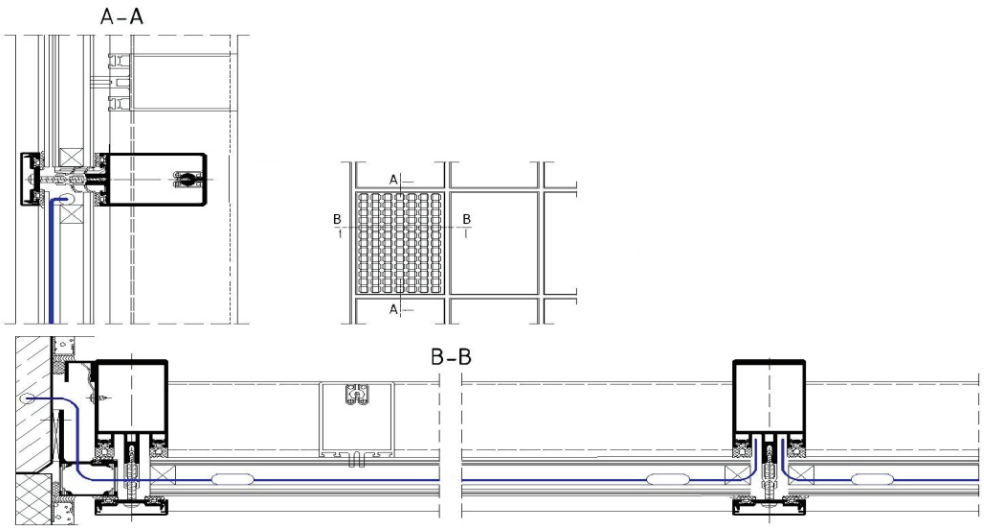

Рисунок 6. Схема укладки кабеля.

кировка, нарезка кабеля. После установки панелей на временные крепления выходы проводов от фотогальванических элементов в стеклопакетах соединяются между собой. Таким образом, выполняется последовательное соединение модулей и затем объединение их в группы согласно проектной документации. Укладка кабеля выполняется в стоечно-ригельных профилях. Частично, согласно проектной документации, в местах, где укладка кабеля усложняется после монтажа стеклопакетов, она выполняется до монтажа стеклопакетов. Кабели выводятся внутрь здания с последующим подключением к инвертору и другому специальному оборудованию и вводом в общую электросеть.

Работы по уплотнению и герметизации стыков между панелями и переплетами следует производить непосредственно после укладки кабеля. При установке панелей и их креплении не допускаются перекосы и чрезмерное «обжатие» панелей накладками. Герметизируемые поверхности должны быть предварительно очищены, просушены и обезжирены. Работы по уплотнению и герметизации стыков следует проводить при температуре наружного воздуха не ниже минус 5 °С (если нет других указаний) в условиях, исключающих увлажнение.

Наружное уплотнения стекла укладывается в пазы прижимной планки укладочным роликом для уплотнений (рис. 7). Монтаж прижимных планок производится электровинтовертом с динамометрическим ограничителем, при соблюдении расстояния между винтами не более 250 мм.

Монтаж произведен правильно, если уплотнения не выпирают, прижимная планка не деформирована. Декоративная планка устанавливается на прижимную надавливанием. Декоративная планка стойки должна быть выше декоративной планки ригеля, иначе снаружи в стыках накладок будет видна щель, создающая неприглядный внешний вид.

Строительные элементы, используемые в качестве ограждающих, должны быть герметизированы уплотнительными материалами в швах примыканий к зданию. Герметизация внешних швов производится посредством заполнителей швов, длительное время сохраняющих эластичность, или клейкой пленки.

Для устройства бокового примыкания к зданию (рис. 8) применяется примыкающий профиль из ПВХ. При устройстве нижнего примыкания (основания фасада) применяется примыкающий профиль и примыкающий ригельный профиль, между ними прокладывается бутиловая лента, укладывается уплотнение для примыкающего ригельного профиля, теплоизоляционные материалы прокладываются между зданием и отливом. Изнутри помещений примыкания по периметру также герметизируются, а швы закрывают алюминиевыми профилями-нащельниками.

По окончании работ установленные строительные элементы должны быть очищены. Применяются только сертифицированные средства очистки для алюминия и стекла.

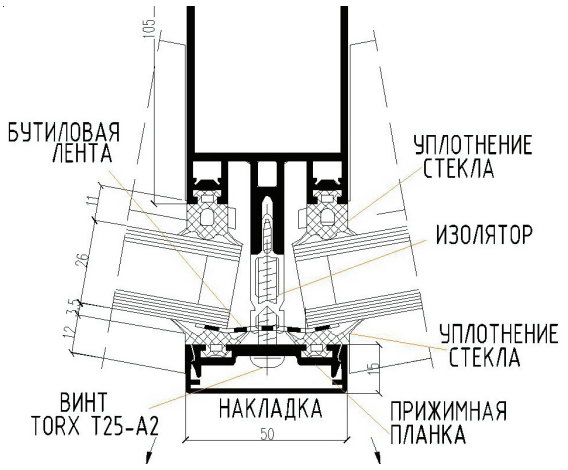

Рисунок 7. Разрез по стойке.

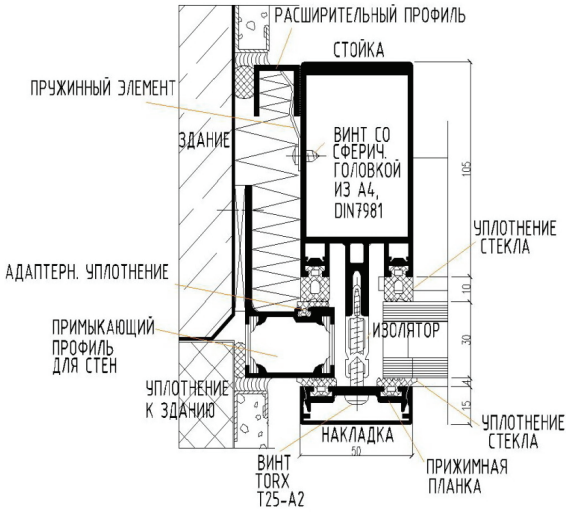

Рисунок 8. Схема бокового примыкания к зданию.

Вывод

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- монтаж фасадных фотогальванических панелей имеет небольшие отличия от установки навесных фасадов и внешнего сплошного остекления;
- для перспективного развития в Украине данного направления в области «альтернативных» технологий необходима разработка соответствующей нормативной базы, которая позволит более рационально использовать технологию и установит нормативные требования по монтажу и эксплуатации фасадных солнечных панелей;
- для улучшения качества проектирования, сборки и монтажа необходимо учреждение учебных направлений, готовящих специалистов соответствующего профиля;
- для эффективной установки панелей монтажникам требуются дополнительная квалификация в области электромонтажа.

Литература

1. Иосипенко, Людмила. Фотогальваника: энергия солнца [Електронний ресурс] / Л. В. Иосипенко // СКВО : Журнал. – 2009. – № 1(15). – С. 81–83. – Режим доступу : http://www.skvo.com.ua/images/stories/archive/SKVO_15.zip.
2. Герасименко, Арсений. Солнечная энергия: подарок с небес или посредственное благо? [Електронний ресурс] / Арсений Герасименко // 3DNews Daily Digital Digest. – 2007. – 16 октября. – С. 1–2. – Режим доступу : http://www.3dnews.ru/editorial/sun_energy.
3. Coxworth, Ben. New Energy Technologies demonstrates electricity-generating SolarWindow prototype [Електронний ресурс] / Ben Coxworth // Gizmag. – 2011. – February 3. – Режим доступу : http://www.gizmag.com/new-energy-technologies-solar-window/17777.
4. Кулеба, Б. В. Эффективные светопрозрачные конструкции, аккумулирующие солнечную энергию [Текст] : автореф. дис. на получение научной степени канд. техн. наук / Кулеба Б. В. – М., 1990. – 24 с.
5. Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективные здания [Текст] / Ю. А. Табунщиков. – М. : АВОК-Пресс, 2003. – 200 с.
6. Энергосберегающие технологии в современном строительстве [Текст] : монография / пер. с англ. Ю. А. Матросов, В. А. Овчаренко; ред. и предисл. В. Б. Козлова. – М. : Стройиздат, 1990. – 295 с. – ISBN 5-274-01046-6.
7. Бродач, М. М. Концепция оценки эффективности инвестиций в теплоэнергоснабжение и энергосбережение зданий [Текст] / М. М. Бродач // Энергосбережение в зданиях : сборник / Ред. В. Ф. Гершкович. – К. : КиевЗНИИЭП, 2007. – № 1. – С. 26–32.
8. Теплоэнергетические основы проектирования гелиоактивных стен [Текст] / В. Ф. Гершкович, Н. Ф. Дёмина, В. А. Лихварь, В. М. Шахнова // Энергосбережение в зданиях : сборник / Ред. В. Ф. Гершкович. – К. : КиевЗНИИЭП, 2007. – № 1. – С. 82–87.

References

1. Iosipenko, Liudmila. Photovaltanic power system: solar energy. In: *Journal SKVO*, 2009, Number 1(15), p. 81–83. Accessed at: http://www.skvo.com.ua/images/stories/archive/SKVO_15.zip. (in Russian)
2. Gerasimenko, Arsenii. Solar energy: gift from the sky or moderate benefit? In: *3DNews Daily Digital Digest*, 2007, 16 October, p. 1–2. Accessed at: http://www.3dnews.ru/editorial/sun_energy. (in Russian)
3. Coxworth, Ben. New Energy Technologies demonstrates electricity-generating SolarWindow prototype. In: *Gizmag*, 2011, February 3. Accessed at: http://www.gizmag.com/new-energy-technologies-solar-window/17777.
4. Kuleba, B. V. Effective translucent structures accumulating solar energy: authors abstract of PhD in Engineering Science. Moscow, 1990. 24 p. (in Russian)
5. Tabunshhikov, Yu. A. Energy-efficient suildings. Moscow: AVOK-Press, 2003. 200 p. (in Russian)
6. Energy use in the built environment, Swedish council for building research. Moscow: Stroiizdat, 1990. 295 p.
7. Brodach, M. M. Conception of evaluation of investments efficiency into heat and power service and building energy saving. In: *Energy saving in buildings. Collection*. Edited by V. F. Gershkovich. Kyiv: KievZNIIEP, 2007, Number 1, p. 26–32. (in Russian)
8. Gershkovich, V. F.; Demina, N. F.; Lihvar, V. A.; Shahnova, V. M. Heat and power engineering basis of design of helioactive walls. In: *Energy saving in buildings: collection*. Edited by V. F. Gershkovich. Kyiv: KievZNIIEP, 2007, Number 1, p. 82–87. (in Russian)
9. Gershkovich, V. F.; Shevelev, V. B.; Lihvar, V. A.; Baluchin, V. S. Review of recommendation of European and American experts over energy saving problems in Ukraine. In: *Energy saving in buildings. Collection. Edited by V. F. Gershkovich*. Kyiv: KievZNIIEP, 1998, Number 1(5), p. 22. (in Russian)
10. Bulgakov, S. N. Energy-efficient and broad corps buildings of twenty-first century. Moscow: ASV, 2006. 292 p. (in Russian)

9. Обзор рекомендаций европейских и американских экспертов по проблемам энергосбережения в Украине [Текст] / В. Ф. Гершкович, В. Б. Шевелев, В. А. Лихварь, В. С. Балучин // Энергосбережение в зданиях : сборник / Ред. В. Ф. Гершкович. – К. : КиевЗНИИЭП, 1998. – № 1(5). – С. 22.
10. Булгаков, С. Н. Энергоэкономичные ширококорпусные жилые дома 21 века [Текст] / С. Н. Булгаков. – М. : АСВ, 2006. – 292 с.

Нікіфоров Олексій Леонідович – студент Одеської державної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: використання технологій фотогальванічних елементів при влаштуванні навісних фасадів, що виробляють електроенергію.

Бічев Ігор Костянтинович – к. т. н., доцент кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури. Наукові інтереси: використання технологій фотогальванічних елементів при влаштуванні навісних фасадів, що виробляють електроенергію.

Никифоров Алексей Леонидович – студент Одесской государственной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: использование технологий фотогальванических элементов при устройстве навесных фасадов, производящих электроэнергию.

Бичев Игорь Константинович – к. т. н., доцент кафедры технологии строительного производства Одесской государственная академия строительства и архитектуры. Научные интересы: использование технологий фотогальванических элементов при устройстве навесных фасадов, производящих электроэнергию.

Oleksiy Nikiforov – student of the Odessa State Academy of Building and Architecture. Research interests: usage of photogalvanic technologies in facade constructing.

Ihor Bichev – PhD (Eng.), Associate Professor; Technology in Building Industry Department of the Odessa State Academy of Building and Architecture. Research interests: usage of photogalvanic technologies in facade constructing.