



УДК

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ

Гришина Екатерина Алексеевна

студентка Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета
geagreg@mail.ru
г. Санкт-Петербург, Россия

Корчагина Полина Алексеевна

студентка Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета
korchagina98@mail.ru
г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация

В данной обзорной статье рассмотрена актуальная на сегодняшний день проблема проектирования экоустойчивых объектов среды, а именно с использованием солнечных панелей. Авторы исследуют и анализируют внедрение в объекты среды солнечных панелей: приводят краткую информацию о типах солнечных панелей и их устройстве; называют факторы, которые необходимо учитывать, при внедрении в объекты среды солнечных панелей, связанные с их технологическими особенностями, а также разбирают решения и приёмы работы с этими факторами, применяемые архитекторами и дизайнерами, на примерах реализованных объектов.

Ключевые слова: солнечная панель, проектирование, объект среды, городская среда, солнечная энергия, солнечная батарея, навес.

USING SOLAR PANELS WHILE DESIGNING ENVIRONMENTAL OBJECTS

Ekaterina A. Grishina

student of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering;
geagreg@mail.ru
Saint Petersburg, Russia

Polina A. Korchagina

student of the Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering;
korchagina98@mail.ru
Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

In this review article the problem of design of sustainable architectural objects relevant today, namely with use of solar panels is considered. Authors investigate and analyze introduction of solar panels into objects: give summary of types of solar panels and their structure; give factors which need to be considered, when introducing solar panels, connected with their technological features and also sort solutions and working methods for these factors used by architects and designers, on examples of realized objects.

Keywords: solar panel, design, environment object, urban environment, solar energy, solar battery, canopy.

Введение

Ухудшение состояния окружающей среды и негативные тенденции в экономическом и социальном развитии - глобальные проблемы человечества. Еще в 1983 году ООН была создана Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР). В Докладе "Наше общее будущее" 1987 года МКОСР уделила основное внимание понятию устойчивого развития и его принципам [1]. Помимо прочего к ним относится использование энергосберегающих технологий и альтернативных источников возобновляемой энергии, в частности солнечной.

Использование солнечной энергии на сегодняшний день возможно в самых разных масштабах: от солнечной батарейки в наручных часах до солнечных электростанций, занимающих огромные территории, сопоставимые с сельскохозяйственными. Внедрением устройств, преобразующих солнечную энергию в другую: электрическую или тепловую энергию, в ткань городской среды, в которой живет и с которой взаимодействует человек, занимаются специалисты по экоустойчивой архитектуре. Экоустойчивая архитектура - архитектура, здания и сооружения, спроектированные и построенные согласно принципам устойчивого развития [2].

В статье "Архитектурные приемы и решения при проектировании экоустойчивой архитектуры" Мельникова Е.А., Донцова М.Г. и Федоров О.П. рассматривают архитектурные приемы и решения, способствующие созданию экоустойчивых зданий и сооружений, а также предлагают их авторскую классификацию. В рамках статьи рассматриваются только те приемы и решения, которые можно отнести непосредственно к архитектурным и объемно-планировочным. Однако, как отмечают сами авторы: «Идеальный подход к строительству экоустойчивых зданий это комплексное использование архитектурных и инженерных приёмов и решений» [3].

Внедрение устройств, преобразующих альтернативную энергию возобновляемых источников в другую, необходимую человеку, и накапливающих ее, в объекты среды и элементы архитектуры как раз находится на стыке инженерных и конструктивных вопросов и вопросов, связанных с эстетикой, архитектурным образом. В связи с этим существует запрос на методологию проектирования таких объектов, зданий и сооружений, вопрос уместной гармоничной интеграции устройств альтернативной энергетики возобновляемых источников остается открытым.

Одним из возобновляемых источников является энергия ветра, и Федоров О.П., автор статьи «Принципы использования ветроэнергетических установок как

композиционного элемента при интегрировании их в архитектурную среду», отмечает, что если процесс интегрирования этих устройств попадает в ведение архитектора, то он «может продумать не только инженерно-технические аспекты использования ВЭУ (количественные характеристики, расчёты производительности и т.п.), но и эстетические качества общей композиции будущего объекта, в котором используются эти технологии» [4]. Об аналогичном интегрировании установок солнечной энергетики в объекты среды пойдет речь в данной статье.

Общая информация об использовании солнечной энергии. Разновидности солнечных панелей

Использование солнечной энергии в архитектуре и дизайне среды имеет два пути: первый - внедрение в объекты солнечных батарей, второй - солнечных коллекторов.

Солнечная батарея - устройство, преобразующее энергию солнечного света в электричество [5]. Солнечный коллектор - устройство для поглощения энергии солнечного излучения и преобразования ее в тепловую энергию [6]. Проще говоря батареи вырабатывают электричество, а коллекторы накапливают и затем отдают тепло. Отсюда и различное назначение этих устройств: солнечные батареи снабжают электричеством различные приборы, в основном осветительные, а солнечные коллекторы используются для подогрева воды для хозяйственно-питьевых нужд и отопления [7].

В данной статье авторы исследуют и анализируют внедрение в объекты среды исключительно солнечных батарей, поскольку в сфере дизайна среды их использование более развито, чем использование солнечных коллекторов. Это связано с тем, что объекты среды на тех территориях, где использование солнечной энергии более эффективно, как правило, не требуют обогрева.

На сегодняшний день производится три типа солнечных панелей: монокристаллические, поликристаллические и тонкопленочные солнечные панели.

Все солнечные панели имеют модульную структуру, т. е. состоят из модулей - фотоячеек.

Монокристаллические фотоячейки изготавливают из монокристаллов кремния. Для них характерна однородная, равномерная структура. Засчёт этого они обладают более высоким КПД по сравнению с поликристаллическими и тонкопленочными фотоячейками. Стоимость их также несколько выше, что связано с более дорогим производственным процессом.

Поликристаллические ячейки изготавливают из поликристаллов кремния, как следствие такие ячейки имеют неоднородную структуру и чуть хуже поглощают солнечный спектр. Их КПД несколько ниже, чем у монокристаллических фотоячеек, но и стоят они дешевле. В связи с этим при одинаковой мощности площадь поликристаллических солнечных панелей больше.

Тонкопленочные фотоячейки представляют собой слой кремния напыленного на тонкую подложку - пленку. Эти фотоячейки гибкие, поэтому солнечная панель из тонкопленочных фотоячеек может устанавливаться на криволинейных поверхностях. Однако они имеют существенный недостаток - их КПД приблизительно в 2 раза ниже, чем у моно- и поликристаллических фотоячеек, соответственно при одинаковой мощности площадь тонкопленочных солнечных панелей будет больше в несколько раз. [7, 8, 9]

Основная часть. Использование солнечных панелей при проектировании объектов среды. Примеры

Приведем факторы, которые необходимо учитывать при внедрении солнечных панелей в объекты среды. Иначе говоря, это задачи, стоящие перед архитекторами и дизайнерами, связанные с технологическими особенностями солнечных панелей:

1. Солнечные панели имеют определенные габариты и соответственно площадь, зависящие от различных факторов, в первую очередь – минимального объема энергии, необходимого к выработке и накоплению.

Размеры солнечных панелей зависят непосредственно от размеров фотоячеек и их количества (рис. 1)

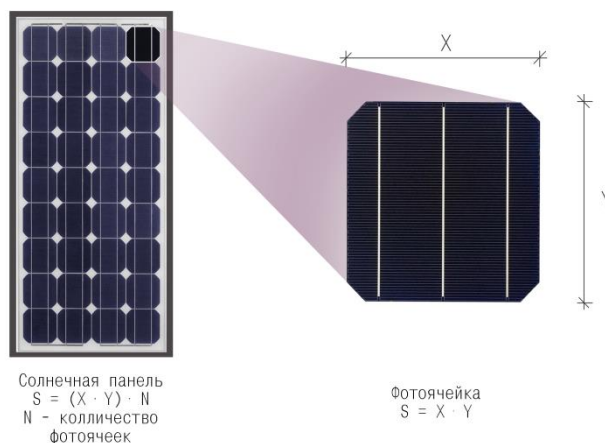


Рисунок 1. Размеры солнечной панели

Размеры фотоячеек зависят от производителя, для моно- и поликристаллических в среднем порядка 100x100..150x150 мм: производство фотоячеек значительно большей площади невозможно в связи с тем, что при увеличении площади кремниевых пластин увеличивается их хрупкость.

А количество фотоячеек и способ их соединения зависят от необходимого выходного тока и напряжения. При последовательном соединении фотоячеек увеличивается общее напряжение солнечной батареи, при параллельном соединении — сила тока, а комбинирование последовательного и параллельного соединения позволяет гибко подбирать оба этих параметра. Очевидно, с увеличением общего количества фотоячеек растет и выходной ток, и напряжение. [7, 8] Эти два параметра, по сути, и являются точкой отсчёта для определения необходимых габаритов и площади солнечных панелей, а также их количества.

Стоит сказать, что в принципе габариты солнечных панелей варьируются довольно сильно: от нескольких квадратных сантиметров до гектаров полей соединенных солнечных панелей.

Самые маленькие солнечные панели — те, что состоят из тонкопленочных ячеек. Например, архитектор Акихиса Хирата создал инсталляцию Energetic Energies для Миланской Недели Дизайна 2013, составленную из тысяч маленьких солнечных панелей площадью 30 см² (рис. 2)



Рисунок 1. Инсталляция Energetic Energies, автор Акихиса Хирата [10]

Важно помнить о том, что от площади панели зависит количество вырабатываемой энергии, соответственно солнечные панели небольших размеров — площадью несколько квадратных сантиметров и даже несколько десятков квадратных сантиметров — могут оказаться не в состоянии снабдить проектируемый объект нужным количеством энергии.

Поэтому даже на стадии эскиза нужно понимать, какая площадь солнечных панелей обеспечит необходимым напряжением и силой тока проектируемый объект. Нужную информацию несложно найти на сайтах производителей и подобрать подходящую солнечную панель или детали (фотоэлемента, аккумулятор и т.д.) для изготовления уникальных солнечных панелей.

Максимальный же размер солнечных панелей прежде всего подобран для удобства эксплуатации, а именно установки и подключения солнечных панелей на объекте. Проще говоря, чтобы специалисту было удобно и не тяжело переносить и устанавливать панели.

Для моно- и поликристаллических солнечных панелей это около 500..600 мм в ширину и 800..1200 мм в длину. Для тонкопленочных солнечных панелей эти параметры сильно варьируются от производителя к производителю, т. к. тонкий слой напыленного на гибкую пленку кремния облегчает солнечную панель по сравнению с моно- и поликристаллическими. Что позволяет делать эти панели, по сути, представляющие собой рулонный материал, какой угодно длины.

Кроме того, солнечные панели не только состоят из модулей — фотоэлементов, но и сами представляют собой модули: их можно соединять и подключать к одному оборудованию (инверторам, аккумуляторам и т. д.) сколь угодно много. То есть система соединенных солнечных панелей может занимать практически неограниченную площадь. Например, самая большая в мире плавучая солнечная электростанция в Китае, провинция Аньхой, представлена на рис. 3



Рисунок 2. Плавающая солнечная электростанция в Китае, провинция Аньхой [11]

2. Солнечные панели имеют определенную форму – прямоугольную. При этом поликристаллические фотоячейки солнечных панелей представляют собой прямоугольник или квадрат, а монокристаллические – квадрат со скошенными углами, как на рис. 4 [8]: они более хрупкие, а такая форма позволяет избежать большого количества брака на производстве – отколотых углов. Солнечные панели на тонкопленочной основе теоретически могут быть любой формы, но ориентируясь на запросы потребителей производители выпускают такие солнечные панели вытянутой прямоугольной формы – обычно ими покрывают крыши домов. Поэтому на рынке представлены лишь прямоугольные солнечные панели, но архитекторы и дизайнеры имеют возможность вписывать прямоугольник солнечной панели в элементы объекта любой другой формы (рис. 4)



Рисунок 3. Возможный и невозможный варианты работы с формой солнечных панелей

3. Солнечные панели имеют определенный цвет, который обусловлен природным цветом материала-полупроводника, использующегося в системе.

Обычно в качестве полупроводника выступает кремний, его цвет варьируется от темно-синего до ярко-синего в зависимости от способа производства (монокристаллический и поликристаллический) [8]. Также на цвет солнечной панели влияют примеси, добавляемые в кремний – обычно это бор, имеющий коричневый, серебристо-серый или черный цвет [12], и мышьяк, имеющий черный цвет [13].

Кроме того, солнечные панели могут быть полупрозрачными – те, что состоят из тонкопленочных фотоячеек. Малая толщина слоя полупроводника (кремния с примесями), напыленного на тонкую прозрачную подложку делает фотоячейку

полупрозрачной, но с тем же темным оттенком, что имеют моно- и поликристаллические фотоэлементами.

«Прятать» солнечную панель, устанавливая ее на элемент объекта близкого цвета, или нет – решает автор проекта (рис. 5)

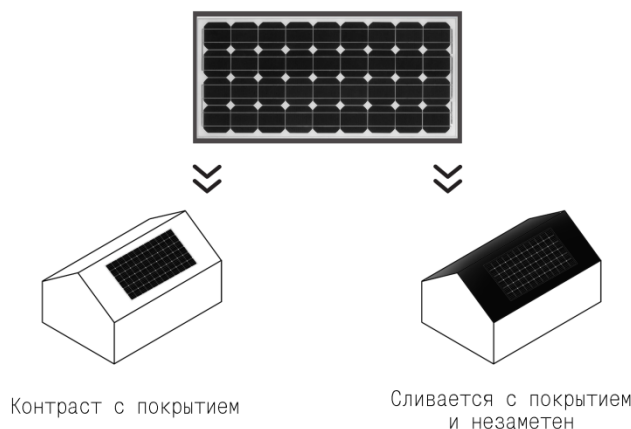


Рисунок 4. Варианты работы с цветом солнечных панелей

4. Солнечные панели должны быть установлены под определенным углом, должны быть ориентированы на Солнце.

Существует два варианта установки солнечных панелей: стационарно и с системой слежения за Солнцем.

Если солнечная панель устанавливается стационарно, то она должна лежать в плоскости перпендикулярной к лучам, падающим от среднестатистической траектории движения Солнца за год в данном районе (рис. 6). Фактически так угол наклона плоскости солнечной панели совпадает с географической широтой местности. [7]

Другой вариант – установка системы слежения за Солнцем, которая измеряет угол падения солнечных лучей в течение дня и автоматически изменяет угол наклона плоскости, в которой лежит солнечная батарея, на перпендикулярный солнечному лучу. Такие системы чаще внедряются крупными коммерческими компаниями, владеющими полями солнечных панелей, чем частными лицами или городскими властями. Это связано со стоимостью систем слежения.

Ориентируют солнечные панели преимущественно на юг. Допускается ориентирование панелей и на другие стороны света – по дуге с востока на запад. Но в этом случае не стоит забывать о понижении эффективности солнечных панелей.

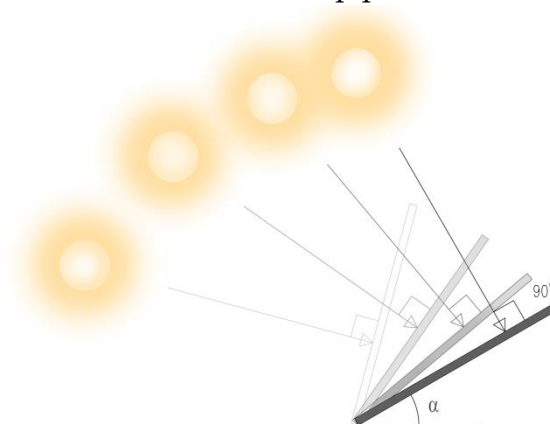


Рисунок 5. Зависимость угла наклона α солнечной панели от широты местности

Разберём некоторые приёмы и решения, применяемые архитекторами и дизайнерами при внедрении солнечных панелей в объекты среды, на примерах

реализованных объектов.

Рассмотрим примеры решения задачи №2 – это работа с прямоугольной формой солнечных панелей, что создает некоторые ограничения при проектировании и создании дизайна. В данных примерах прямоугольная плоскость солнечной панели вписана в другую, не прямоугольную форму элемента объекта.

Объект 2018 года Living Garden от бюро MAD Architects на самом деле является моделью «дома будущего», но по сути представляет собой навес, и может быть преобразован в объект среды городского парка путём минимальных изменений [14]. В этом объекте прямоугольные солнечные панели встроены в элементы покрытия навеса также прямоугольной формы, но с сильно скругленными углами (рис. 7). Это делает их фактически незаметными, структура объекта остается лёгкой, и сложно догадаться, что параметры этих «лепестков» покрытия продиктованы габаритами солнечных панелей, а не исключительно образом объекта, замыслом авторов.

Помимо задачи №2 в данном объекте эффективно решены задачи №3 и №1 – работа с цветом солнечных панелей, их габаритами и площадью. Солнечные панели, встроенные в покрытие этого объекта, состоят из тонкопленочных фотоэчеек на прозрачной подложке-пленке – они полупрозрачны и незаметны. Здесь солнечные панели имеют нестандартные габариты и форму и, вероятно, произведены под заказ. Они встроены во все элементы покрытия Living Garden – занимают всю площадь навеса, таким образом обеспечивая объект нужным количеством энергии.



Рисунок 6. Модель "дома будущего" Living Garden, бюро MAD Architects: общий вид и элемент покрытия [14]

По словам разработчиков проекта: «В совокупности они генерируют достаточно электроэнергии, чтобы обеспечить ежедневное потребление семьи из трех человек» [14]. Это очевидно больше, чем требуется для самообеспечения электроэнергией объекта среды городского парка (т.е. на его вечернее освещение). И потому подобный навес может стать «активным» объектом, и экспортировать электроэнергию на освещение всего парка или какую-то его часть.

Таким образом мы получаем объект, который помимо своего основного назначения способен обеспечить электроэнергией близлежащие территории, и сделать это незаметно для пользователей.

Архитекторы бюро HG-Architecture при проектировании объекта Solar Pine 2016

года вдохновлялись геометрическим рисунком сосновой шишки [15]. Solar Pine — это место для отдыха: представляет собой навес, где прямоугольные плоскости солнечных панелей встроены в подобные ромбам криволинейные элементы, и скамью под ним, внутри которой находится аккумулятор энергии, выработанной солнечными панелями (рис. 8).

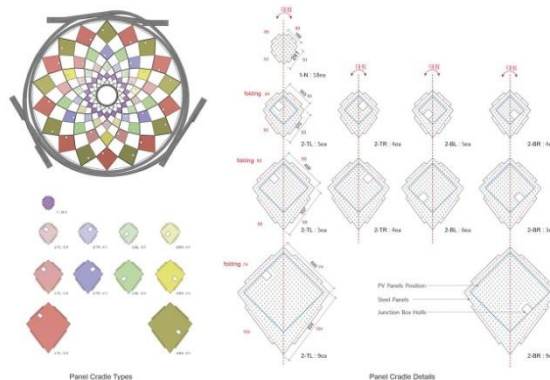


Рисунок 7. Навес Solar Pine, бюро HG-Architecture: вид с высоты птичьего полета и схема раскладки солнечных панелей [15]

Навес — это оболочка, состоящая из сборных модулей, предназначенных для установки солнечных батарей и электропроводки. Все модули собраны на фабрике и соединены в единое целое уже на площадке — это позволяет уменьшить полевые работы и оптимально использовать время и место [15].

В дневное время рисунок навеса проецируется на землю в красивую тень, а солнечные панели производят 1,2 кВт энергии в час, которая в вечернее время расходуется на освещение в пределах и за пределами объекта. Этот проект является прототипом для массового производства [15].

Как и в предыдущем рассмотренном нами объекте солнечные панели здесь также, вероятно, изготовлены под заказ — они квадратной формы и разных размеров: размеры панелей уменьшаются к центру навеса, подчиняясь его рисунку. Это пример хорошей работы с фактором №1. Помимо этого цвет материала навеса подобран в цвет солнечных панелей — серый стальной, так что с верхних этажей зданий, расположенных недалеко от объекта, солнечные панели совершенно незаметны — это один из вариантов работы с фактором №3.

Далее рассмотрим несколько примеров решения задачи №4 — солнечные панели должны быть установлены под определенным вертикальным углом, должны быть ориентированы на Солнце.

Объект Shadow Play от бюро Howeler и Yoon Architecture 2016 года — это навесы, защищающие от солнечного света и тепла в пространстве городской среды [16]. Они формируются из одинаковых геометрических модулей из стального листа. Солнечные панели установлены на верхней поверхности центрального модуля, которая имеет тот же вертикальный угол, что и требуется солнечным панелям для оптимальной работы (рис. 9). В целом геометрия многогранных модулей Shadow Play базируется именно на значении этого вертикального угла: он повторяется в разных плоскостях модулей, что в свою очередь увеличивает площадь тени в дневное время [16]

Энергия, вырабатываемая солнечными панелями, хранится в аккумуляторах, что позволяет освещать прилегающую к объекту территорию в вечернее время.

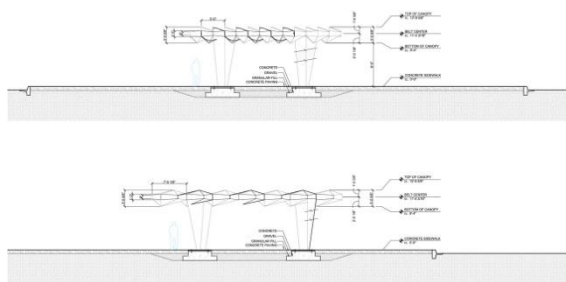


Рисунок 8. Навесы Shadow Play, бюро Howeler и Yoon Architecture: вид с высоты птичьего полета и разрез [16]

Проект 2009 года Phoenix Civic Space Shade Canopies от бюро Architekton также предполагает изменение вертикального угла под требуемый для оптимальной работы солнечных батарей, но не части объекта, не одной из плоскостей модуля, а целиком всей поверхности навеса (рис. 11).

Энергия, вырабатываемая солнечными панелями этого объекта, также расходуется на освещение территории в вечернее время (рис. 10) [17]

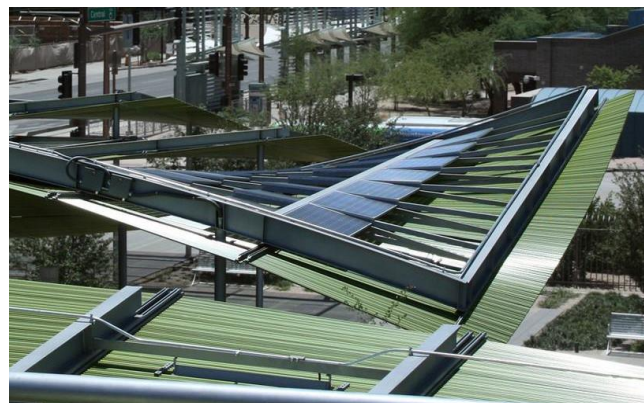


Рисунок 10. Навесы Phoenix Civic Space Shade Canopies, бюро Architekton: вечерний вид и элементы покрытия [17]

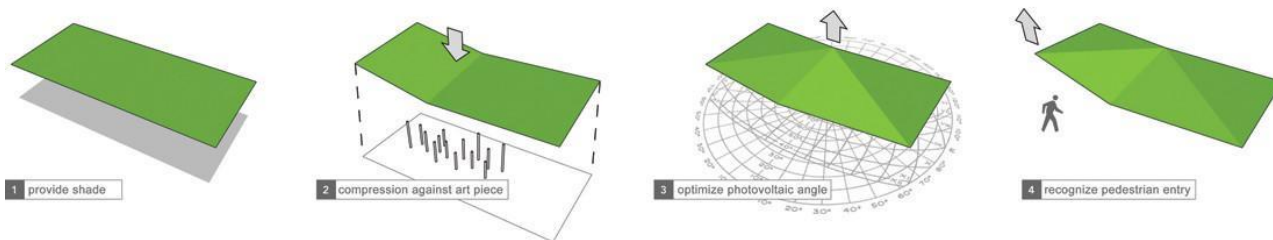


Рисунок 11. Навесы Phoenix Civic Space Shade Canopies, бюро Architekton: схема изменения геометрии навеса с учетом траектории движения Солнца [17]

Можно сказать, что внедрение солнечных панелей в структуру объектов среды осложнено эстетической составляющей и низкой вариабельностью конфигурации солнечных панелей. И помимо вышеперечисленных решений этой проблемы существует более экономичное — когда солнечная панель существует в своем «заводском» варианте, но скрыта элементами

объекта.

Например, растительными, как в проекте 2012 года *Salotto Urbano Proposal* архитекторов Michela Romano, Emanuela Ortolani, Federica Spinaci, Eleonora Sanfilippo и David Vecchi.

Ограждение зон парка образовано металлической сеткой, поддерживающей американский виноград. Солнечные панели, скрытые зеленью над самой высокой частью металлического ограждения (рис. 12), поставляют электрическую энергию для осветительных установок [18].

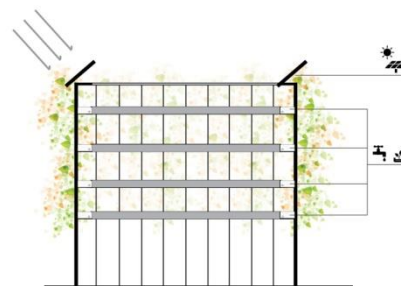
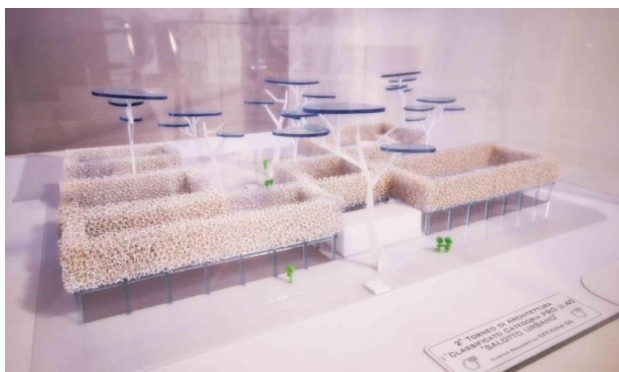


Рисунок 12. Объект *Salotto Urbano Proposal* группы итальянских архитекторов: макет и разрез [18]

Другой вариант — это когда солнечная панель существует в своем «заводском» варианте, и при этом на ней сделан акцент. То есть дизайн объекта подстраивается под эстетику внешнего вида солнечных панелей — для таких объектов характерна некая незавершенность, открытость конструкций, отсылки к промышленным сооружениям.

Как в проекте 2007 года *Eco Boulevard in Vallecas* от бюро *Ecosistema Urbano*. *Eco Boulevard* — это три павильона с растениями, высаженными тепличным способом внутри ограждающих конструкций, и солнечными панелями «парящими» над конструкциями (рис. 13).

Солнечные панели системы этих павильонов вырабатывают больше энергии, чем требуется для их освещения в темное время суток. Остаток энергии продается в городскую сеть, а выручка реинвестируется в поддержание самой структуры (например, на воду для полива растений) [19].

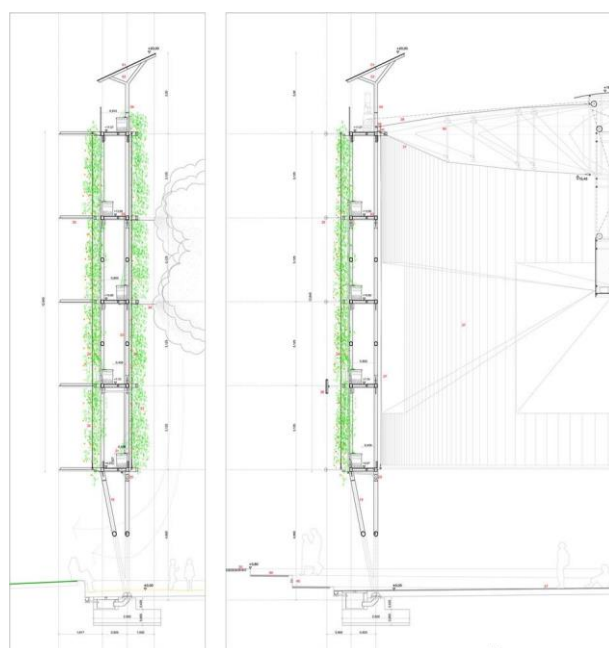


Рисунок 13. Объект *Eco Boulevard in Vallecas*, бюро *Ecosistema Urbano*: один из трех павильонов и разрез по его ограждающим конструкциям [19]

Близкий к предыдущему вариант — это когда солнечная панель существует в своем «заводском» варианте, и это уместно, и не требует создания дизайна объекта под эстетику солнечной панели. Т.е. дизайн объекта позволяет сэкономить на дизайне солнечной панели, оставить как есть, т.к. сам несет в себе идею минимальных преобразований.

Примером такого внедрения солнечных панелей служит проект 2015 года Kontenerart 2015 от бюро Adam Wierciński Architekt. Kontenerart — это минигород из контейнеров-павильонов, где проходят выставки, мастер-классы и концерты в рамках ежегодного фестиваля (рис. 14). Каждый год пространство проектируется и собирается заново [20]. С учётом временного характера сооружений и идеи повторного использования и минимальных преобразований, внедрение солнечных панелей в их «заводском» варианте более чем уместно.

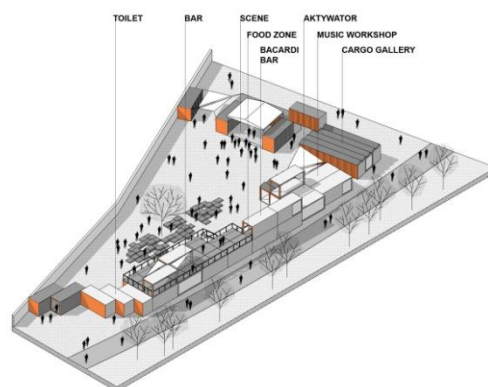


Рисунок 14. Объект Kontenerart 2015, бюро Adam Wierciński Architekt: общий вид и аксонометрия [20]

Заключение. Взгляд в будущее. Нереализованные концептуальные проекты.

На данный момент главный фактор, усложняющий внедрение солнечных панелей не только в объекты среды, но и в объекты архитектуры — это цвет солнечных панелей, сильно сокращающий количество вариантов цветовых решений для элементов объектов, в которые предполагается встраивать панели.

В 2014 году сотрудники Швейцарского центра электроники и микротехники (CSEM) представили инновационную технологию, благодаря которой цвет солнечных панелей может стать совершенно любым. Солнечные панели, разработанные CSEM — это кремниевые фотоячейки, покрытые нанополенкой, пропускающей инфракрасное солнечное излучение. Цвет нанополенки может быть любым. Однако производительность этих солнечных панелей в 2 раза ниже моно- и поликристаллических солнечных панелей, а стоимость — на 50% выше [21]. Судя по всему, это причина того, что за 5 лет эти солнечные панели не получили массового распространения.

К слову, солнечные панели — не единственное устройство, предназначенное для получения энергии альтернативного возобновляемого источника, массовое внедрение которого в объекты среды и архитектуры осложнено эстетической составляющей. Так, авторы статьи «Концепция энергогенерирующей фасадной системы» Рукобратский Н.И., Федоров О.П. и Шитухина Н.Ю. отмечают, что люди, проживающие рядом с объектами ветроэнергетики не всегда остаются удовлетворены, и одной из их претензий «...является то, что большое количество ветрогенераторов не могут являться эстетически

привлекательными объектами и не украшают окружающую среду» [22].

Самый главный аспект в экоустойчивой архитектуре и строительстве – это экологичность постройки, ее энергоэффективность и автономность, которая позволяет разрабатывать проект в самых разных местах и не зависеть от городских сетей. Независимость объекта может существенно упростить нашу жизнь и улучшить экологию.

Список литературы

1. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) "Наше общее будущее". Перевод с английского под редакцией С.А. Евтеева и Р.А. Перелета, 1987
<http://устойчивое.развитие.пф/files/monographs/OurCommonFuture-introduction.pdf>
2. Федоров О.П. «Экоустойчивая архитектура» как профессиональный термин в архитектурной деятельности. Вестник гражданских инженеров. Вестник гражданских инженеров, 2016/6(59), С. 86-90.
3. Федоров О.П., Мельникова Е.А., Донцова М.Г. «Архитектурные приёмы и решения при проектировании экоустойчивой архитектуры». В сборнике: Актуальные проблемы архитектуры. Материалы 70-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 2017. С. 229-233
4. Фёдоров О. П. «Принципы использования ветроэнергетических установок как композиционного элемента при интегрировании их в архитектурную среду», Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство: сборник статей [Электронный ресурс] / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Е.А. Ахмедовой; СГАСУ, Самара, 2016
<https://elibrary.ru/item.asp?id=25822691>
5. Научно-технический энциклопедический словарь. Статья «Солнечная батарея»
<https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/4433>
6. ГОСТ Р 51594-2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения <http://docs.cntd.ru/document/1200026446>
7. Статья «Конструкция солнечной батареи: из чего она состоит» специализированного электронного портала solarb.ru <http://solarb.ru/node/894>
8. Статья «Принцип работы солнечных батарей: устройство фотоэлементов» специализированного электронного портала solarb.ru <http://solarb.ru/node/835>
9. Статья «Виды солнечных батарей» специализированного электронного портала solarb.ru <http://solarb.ru/node/889>
10. Репортаж Кариссы Розенфилд «Миланская неделя дизайна 2013: инсталляция Акихиса Хираты Energetic Energies для Panasonic»
<https://www.archdaily.com/358319/milan-design-week-2013-energetic-energies-for-panasonic-akihisa-hirata>
11. Статья «Китай построит крупнейшую в мире плавучую солнечную электростанцию» ближневосточного журнала «The National»
<https://www.thenational.ae/business/energy/china-to-construct-world-s-largest-floating-solar-project-1.683451>
12. Научно-технический энциклопедический словарь. Статья «Бор»
<https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/562>
13. Научно-технический энциклопедический словарь. Статья «Мышьяк»
<https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/2936/МЫШЬЯК>
14. <https://www.archdaily.com/902553/living-garden-mad-architects>
15. <https://www.archdaily.com/801868/solar-pine-hg-architecture>

16. <https://www.archdaily.com/899722/shadow-play-howeler-plus-yoon-architecture>
17. <https://www.archdaily.com/26182/phoenix-civic-space-shade-canopies-architekton>
18. <https://www.archdaily.com/376296/salotto-urbano-proposal-michela-romano-emanuela-ortolani-federica-spinaci-eleonora-sanfilippo-david-vecchi>
19. <https://www.archdaily.com/6303/eco-boulevard-in-vallecas-ecosistema-urbano>
20. <https://www.archdaily.com/774890/kontenerart-2015-adam-wiercinski-architekt>
21. Статья Татьяны Гирко «Белые солнечные панели - небольшая "революция" в солнечной энергетике» швейцарского русскоязычного издания "Наша Газета" <http://nashagazeta.ch/news/nauka/18480>
22. Н.И. Рукобратский, О.П. Федоров, Н.Ю. Шитухина «Концепция энергогенерирующей фасадной системы» // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. С. 48-52. ISSN: 2500-1000eISSN: 2500-1086

References

1. World Commission's on Environment and Development (WCED) report "Our Common Future". Translation from English edited by S.A. Evteev and R.A. Perelet, 1987 <http://устойчивоеразвитие.рф/files/monographs/OurCommonFuture-introduction.pdf> [in Russian].
2. O. Fedorov "Eco-sustainable architecture as a professional term in architectural activity" (Bulletin of civil engineers. 2016. № 6 (59). P. 86-90) [in Russian].
3. O. Fedorov, E. Melnikova, M. Dontsova "Architectural techniques and solutions for the design of sustainable architecture" (In the collection: Actual problems of architecture. Materials of the 70th All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. 2017. p. 229-233) [in Russian].
4. O. Fedorov «Principles of the use of wind power plants as a composition element when integrating them into the architectural environment», Traditions and innovations in construction and architecture. Urban planning: digest of articles [Electronic resource] / ed. M.I. Balzannikova, K.S. Galitskova, E.A. Ahmedova; SamGASU, Samara, 2016 6 <https://elibrary.ru/item.asp?id=25822691> [in Russian].
5. Scientific and Technical Encyclopedic Dictionary. Article «Solar Battery» <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/4433> [in Russian].
6. GOST R 51594-2000 Unconventional energetics. Solar energy. Terms and Definitions <http://docs.cntd.ru/document/1200026446> [in Russian].
7. Article «The structure of solar panel: what it consists of». Specialized webpage solarb.ru <http://solarb.ru/node/894> [in Russian].
8. Article «Principle of Operation of Solar Batteries: Device of Photo Cells». Specialized webpage solarb.ru <http://solarb.ru/node/835> [in Russian].
9. Article «Types of Solar Batteries». Specialized webpage solarb.ru <http://solarb.ru/node/889> [in Russian].
10. Report «Milan Design Week 2013: Energetic Energies for Panasonic / Akihisa Hirata» by Karissa Rosenfield <https://www.archdaily.com/358319/milan-design-week-2013-energetic-energies-for-panasonic-akihisa-hirata>
11. Article «China to construct world's largest floating solar project» Middle Eastern publication «The National» <https://www.thenational.ae/business/energy/china-to-construct-world-s-largest-floating-solar-project-1.683451>
12. Scientific and Technical Encyclopedic Dictionary. Article «Borum» <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/562> [in Russian].
13. Scientific and Technical Encyclopedic Dictionary. Article «Arsenicum» <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ntes/2936/МЫШЬЯК> ([in Russian].
14. <https://www.archdaily.com/902553/living-garden-mad-architects>

15. <https://www.archdaily.com/801868/solar-pine-hg-architecture>
16. <https://www.archdaily.com/899722/shadow-play-howeler-plus-yoon-architecture>
17. <https://www.archdaily.com/26182/phoenix-civic-space-shade-canopies-architekton>
18. <https://www.archdaily.com/376296/salotto-urbano-proposal-michela-romano-emanuela-ortolani-federica-spinaci-eleonora-sanfilippo-david-vecchi>
19. <https://www.archdaily.com/6303/eco-boulevard-in-vallecas-ecosistema-urbano>
20. <https://www.archdaily.com/774890/kontenerart-2015-adam-wiercinski-architekt>
21. Girko T. «White solar panels - small "revolution" in solar power industry» the Swiss publication "Nasha Gazeta" <http://nashagazeta.ch/news/nauka/18480> [in Russian].
22. N.I. Rukobratsky, O.P. Fedorov, N.Yu. Shitukhina "The concept of energy-generating facade system" // International Journal of Humanitarian and Natural Sciences, 2017, P. 48-52 [in Russian].