

АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Научная статья

УДК/UDC 725.1:621.311.243

DOI: 10.24412/1998-4839-2024-1-138-149

Архитектура комплексов по производству водорода на основе энергии солнечных электростанций**Виктория Владимировна Дидык¹, Аника Николаевна Чебан²**^{1,2}Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия¹viktoriyaraketa@gmail.com, ²7210869@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена вопросу проектирования современных заводов по производству «зеленого» водорода на основе энергии гелиостанций. Рассматривается опыт строительства аналогичных комплексов, принципы их проектирования. Описано влияние объектов гелиоэнергетики на архитектуру промышленного комплекса. Представлено авторское предложение проекта водородного производства с использованием солнечной энергии.

Ключевые слова: альтернативная энергетика, солнечная энергетика, водородное производство, фотоэлектрическая установка, энергоактивное здание

Для цитирования: Дидык В.В. Архитектура комплексов по производству водорода на основе энергии солнечных электростанций / В.В. Дидык, А.Н. Чебан // Architecture and Modern Information Technologies. 2024. № 1(66). С. 138-149.

URL: https://marhi.ru/AMIT/2024/1kvart24/PDF/11_didyk.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2024-1-138-149

ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Original article

Architecture of complexes for the production of hydrogen based on the energy of solar power plants**Viktoriya V. Didyk¹, Anika N. Cheban²**^{1,2}Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia¹viktoriyaraketa@gmail.com, ²7210869@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the issue of designing modern plants for the production of "green" hydrogen using the energy of solar power plants. The experience of building similar complexes and the principles of their design are considered. The influence of solar energy facilities on the architecture of the industrial complex is described. The author's proposal for a hydrogen production project using solar energy is presented.

Keywords: alternative energy, solar energy, hydrogen production, photovoltaic installation, energy-active building

For citation: Didyk V.V., Cheban A.N. Architecture of complexes for the production of hydrogen based on the energy of solar power plants. Architecture and Modern Information Technologies, 2024, no. 1(66), pp. 138-149. Available at:

https://marhi.ru/AMIT/2024/1kvart24/PDF/11_didyk.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2024-1-138-149

Введение

Мировое сообщество приближается к своей исторической тенденции объемов потребления энергии. Потребности людей увеличиваются ежедневно, что напрямую приводит к росту энергопотребления. Энергетическая обеспеченность промышленности, торговли, транспорта и бытовых потребителей покрываются за счет истощения природных ресурсов. Развитие и появление новых отраслей промышленности, ускорение темпов роста экономики многих стран приводит к колоссальным энергозатратам. Кроме перспективы истощения традиционных источников, существует опасность экологических проблем [1]. Снижение углеродоемкости производимых продуктов, обеспечение будущих поколений доступной и «чистой» энергией, не оказывающей негативного воздействия на мировую экосистему, являются основными задачами мирового энергетического перехода.

Многие развитые страны осознают, что альтернативная энергетика является важным шагом в решении проблем энергетической и экологической безопасности [2]. Большинство ископаемых ресурсов используется не только в качестве топлива, многие из них – неотъемлемая часть химической, фармацевтической и других видов промышленности. Топливо на основе углерода обеспечивает почти 85 процентов спроса. С нынешним темпом роста добычи полезных ископаемых мы можем столкнуться с их дефицитом уже через 50 лет.

Одним из выходов для предотвращения негативных последствий нерационального потребления энергии является применение альтернативной энергетике и приверженность принципам устойчивого развития. В настоящий момент альтернативная энергетика уже становится частью архитектурного облика многих современных сооружений, улучшая не только практические, но и эстетические характеристики зданий и сооружений [3].

Наиболее перспективным способом сохранения энергии на сегодняшний день является водород. Он может быть использован для накопления, хранения и доставки энергии. Водород рассматривается в качестве перспективного энергоносителя, а также инструмента для решения задач по развитию низкоуглеродной экономики и снижению антропогенного влияния на климат. Основными его преимуществами являются возможность получения из различных источников и отсутствие выбросов углекислого газа при использовании в качестве энергоносителя.³

Многие зарубежные страны ведут разработки в области производства «зеленого» водорода на энергии возобновляемых источников. Такие страны как ОАЭ, Япония, Китай и многие другие уже взяли курс на безуглеродную экономику. Этот сектор альтернативной энергетике может не только решить проблемы энергодефицита, но и способствовать разработке новых уникальных приемов проектирования, которые будут отвечать современным тенденциям в области сохранения и производства энергии [4].

Основная цель исследования – проанализировать существующие комплексы по производству «чистого» водорода в мире и рассмотреть варианты включения объектов альтернативной энергетике в архитектурный облик водородного производства.

Мировой опыт строительства водородных производств на энергии возобновляемых источников

Многие страны не только разрабатывают и совершенствуют проекты по выработке чистого водорода, а уже производят его. Развитые и развивающиеся экономики по всему миру все активнее прикладывают усилия по стимулированию использования экологически чистых энергетических решений и ускорению инициатив в области климатического контроля планеты. Переход к такому роду энергетике открывает

³ Концепция развития водородной энергетике в Российской Федерации. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401496102/#0> (дата обращения: 15.01.2024).

выгодные перспективы для внедрения водорода в качестве альтернативы традиционным видам топлива. Результатом такого вмешательства в энергетический рынок стало создание фирм по производству водорода, которые в свою очередь создают стратегические альянсы для стимулирования инноваций в данной области.

В виду относительной новизны технологий, как промышленных, так и архитектурных, перед нами предстают новые возможности по решению архитектурных задач промышленного комплекса. Взаимодействие ресурсосберегающих и архитектурных решений способно разнообразить художественный облик сооружения и в разы улучшить его визуальное восприятие. Для анализа предлагается рассмотреть мировой опыт строительства данных комплексов.

Одним из наиболее активных участников перехода на новую энергию является Япония. Первые в мире коммерчески жизнеспособные транспортные средства на топливных элементах появились именно здесь. Однако применение водородной энергетики для целых отраслей промышленности требует гораздо большего масштаба, вследствие чего было принято решение о строительстве передового исследовательского центра.

Уже имеющийся опыт в этой сфере помог проектировщикам сформировать технологию нового типа, которую мы можем наблюдать сейчас в Научно-исследовательском центре водородной энергетики Fukushima Hydrogen Energy Research Field – FH2R в Фукусиме (рис. 1)⁴, строительство которого было завершено в марте 2020 года. Завод, оснащенный установкой по производству водорода мощностью 10000кВт, производит водород за счет использования электроэнергии, вырабатываемой солнечными панелями, расположенными по его периметру. Ежедневно на предприятии может производиться достаточное количество водородного топлива, чтобы обеспечить электроэнергией около 150 домохозяйств (ежемесячно) или заправить 560 топливных баков.



Рис. 1. Завод по производству водорода, Фукусима, Япония

Как и во многих промышленных объектах, комплекс имеет основную технологическую цепь, которая влияет на территориальное зонирование. Завод в Фукусиме разделен на 4 основные зоны: источник энергии, производство водорода, ожижение водорода и хранение. Сооружение для производства «зеленого» водорода имеет небольшую высоту.

⁴ S. Patel Fukushima Hydrogen Energy Research Field Demonstrates Hydrogen Integration // POWER Jul 01, 2022 URL: <https://www.powermag.com/fukushima-hydrogen-energy-research-field-demonstrates-hydrogen-integration/> (дата обращения: 12.12.2023)

В отличие от многих промышленных предприятий, оно не имеет таких элементов как дымовые трубы или градирни, способных создать визуальный акцент. Объекты альтернативной энергетики установлены вне материально-конструктивной системы здания около места потребления. Они являются самостоятельными архитектурными объектами, не подверженными влиянию соседних сооружений (потребителей). Такой способ расположения представляет солнечные панели исключительно инженерным объектом, не влияющим на объемно-планировочную структуру здания. Отсутствие внешних элементов оборудования (градирни, шахты и другое), позволяет воплощать практически любые архитектурные фантазии, ограниченные только лишь технологией и объемами необходимого производства.

Другим примером такого комплекса может послужить один из первых крупнейших по производству экологически чистого водорода, работающий на солнечных батареях, завод в Куке (рис. 2), Синьцзян-Уйгурском автономном районе на северо-западе Китая, был введен в эксплуатацию летом 2023 года⁵. Установка способна вырабатывать водород без выбросов углерода, заменяя старое решение с использованием природного газа. Завод по производству чистого водорода позволит ежегодно сокращать выбросы углекислого газа на 485 000 тонн, что станет новым прорывом в продолжающихся усилиях страны по значительному сокращению выбросов углекислого газа в промышленном секторе.

Как и в Фукусиме, комплекс разделен на зоны. Источник энергии – гелиостанции, расположен в непосредственной близости от самого сооружения в виде плоского солнечного поля. Площадь солнечных панелей на объекте, который уже подключен к электросети, эквивалентна 900 футбольным полям. Благодаря местному климату, который в изобилии обеспечивает солнечную энергию, он может вырабатывать почти 600 миллионов киловатт-часов электроэнергии в год.



а)



б)

Рис. 2. Водородное производство в Куке, Китай: а) общий вид на комплекс; б) вид на солнечную электростанцию

Строительство объекта стимулировало разработку множества видов оборудования. Были усовершенствованы сами гелиостанции. Как передняя, так и задняя части солнечных панелей могут поглощать солнечный свет и вырабатывать электроэнергию, что не только увеличивает выработку 3-5 процентов от общего объема электроэнергии, но и дает вариативность архитектурных решений при их использовании в фасадных системах зданий.

⁵ Первый завод Sinopec по производству «зеленого» водорода начал производство в Синьцзяне. URL: <https://www.reuters.com/business/energy/sinopecs-first-green-hydrogen-plant-xinjiang-starts-production-xinhua-2023-06-30/> (дата обращения: 04.01.2024).

Водород может быть произведен не только на суше. В 2022 году у берегов Круазика (рис. 3), на морской опытной площадке Centrale Nantes, SEM-REV, компания Lhyfe⁶ установила первую в мире установку по производству водорода на шельфе. У компании амбициозная цель: воплотить в жизнь морской возобновляемый водород, продемонстрировав надежность электролизера в море. Морская пилотная площадка отвечает всем необходимым условиям, включая наличие строгих экологических критериев, для проверки технологии производства водорода на шельфе. Главная особенность этого производства заключается в источнике воды, а именно: используется соленая морская вода. В настоящее время технологии электролиза воды основаны на сверхчистой пресной воде.



Рис. 3. Установка по производству водорода, Ле-Круазик, Франция

Платформа площадью менее 200 квадратных метров находится на берегу Атлантического океана. Конструкция состоит из ветряной турбины и установки, производящей водород посредством электролиза. Весь процесс происходит в 20 км от берега. Электролизер подключен через кабель к морскому испытательному центру, который связан с плавучей ветряной турбиной мощностью 2 МВт.

Результаты анализа

Рассматривая существующие примеры синтеза зданий со средствами альтернативной энергетики, стоит отметить, что единых архитектурных решений пока не сложилось [5]. Для производства водорода в промышленных масштабах, объектов возобновляемой энергетики, интегрированных в структуру здания, может быть недостаточно для выработки необходимого количества энергии. Они могут быть использованы в качестве дополнительного источника, при этом существенно разнообразить объемное решение сооружений. В контексте согласованности архитектурных решений водородного производства с позициями устойчивой архитектуры актуальна интерпретация объектов альтернативной энергетики, как элементов, формирующих его архитектурный образ.

Основой для формирования объемно-планировочных решений «производства будущего» должны служить характерные черты передовых технологий и специфика производственных процессов [1]. Архитектурно-художественный образ должен транслировать высокотехнологичность, экологическую безопасность и трансформируемость комплекса. При этом, в образе новейшего производственного здания должны быть согласованы и сбалансированы как эстетическая сторона, так и эффективность производства.

⁶ LHYFE company press release from 23/09/2022. URL: https://www.actusnews.com/en/lhyfe/pr/2022/09/23/world_s-first-offshore-renewable-hydrogen-production-pilot-site-is-inaugurated-by-lhyfe (дата обращения: 04.01.2024).

Проектное предложение

В связи с вышеизложенным, было разработано авторское предложение архитектурного решения комплекса по производству водорода на основе энергии солнечных электростанций. Главная идея проекта заключается в создании нового взгляда на водородные производственные комплексы, использующие солнечную энергию. Важно принять тот факт, что, не смотря на «инженерность» и «не архитектурность» большинства объектов альтернативной энергетики, они в большей степени способны сформировать единство образа новейшего промышленного предприятия. Средства альтернативной энергетики не следует скрывать из поля зрения наблюдателя, наоборот, нужно рассматривать их как элементы архитектурной среды. Крупные установки нетрадиционной энергетики не только выполняют свою техническую функцию, но и обладают композиционной значимостью. Такой подход предполагает равноправное отношение архитектора ко всем объектам производства, что способствует формированию единого пространства промышленного предприятия.

Проект «Лотос» (рис. 4) спроектирован для размещения на суше в районах с интенсивной солнечной радиацией. Объект представляет собой единый многофункциональный комплекс, центральная часть которого, представляет собой солнечную электростанцию в форме лотоса, опоясываемую корпусом научного центра и соединённую с водородным производством. Местом строительства выбран Алтайский край. Расположение было выбрано не только в связи подходящими климатическими условиями, но и экономическими. Алтайский край является энергодефицитным регионом. Недостатки энергии покрываются за счет энергосистем смежных областей. Солнечные электростанции могут помочь восполнить нехватку электроэнергии и снизить риск перебоев.



Рис. 4. Авторский проект «Лотос». Вид на главный фасад

В состав проекта входят 3 основных объекта: источник энергии, корпус по производству водорода и исследовательский центр. Источником энергии для данного комплекса выбрана солнечная электростанция по типу коллектора. Работа солнечных коллекторов башенного типа основана на принципе фокусировки и поглощения солнечного излучения. В приемной башне устанавливается специальный сборник солнечного излучения – рефлектор. Солнечные лучи, отражаясь от множества гелиостатов, направляются на поверхность центрального приемника – солнечного генератора, помещенного на башне [6]. В соответствии с положением солнца автоматически меняется и ориентация гелиостатов. В результате, в течение всего светового дня концентрированный поток отраженных от зеркал солнечных лучей нагревает теплоноситель определенного вида

(вода, соль и т.д.), который циркулирует через систему (рис. 5). Полученная тепловая энергия может быть использована в отопительном контуре или для горячего водоснабжения зданий. В данном проекте выработанная энергия преобразовывается в электрическую и передается на производство водорода.

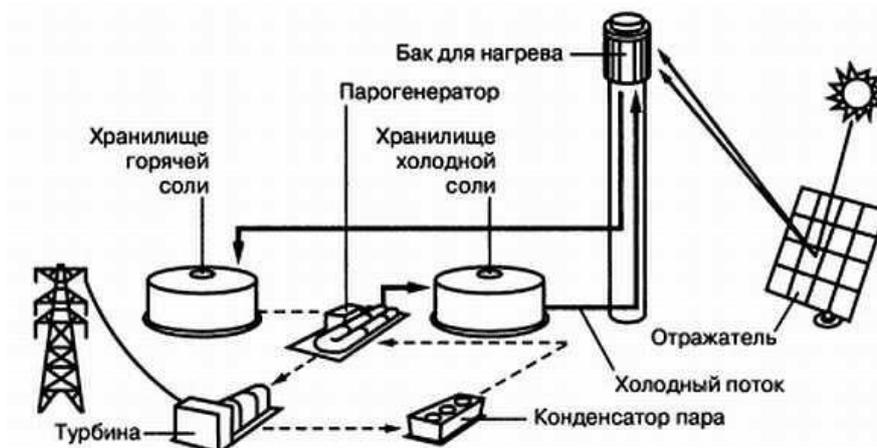


Рис. 5. Схема устройства гелиостанции башенного типа

В классическом исполнении концентраторы располагаются вокруг башни, занимая большие территории и концентрируют солнечное излучение в рефлекторе. В авторском проекте концентраторы выполнены в виде подвижных «лепестков» на вантовых конструкциях. Источником идеи для такого решения послужили декоративные гелиостаты меньшего размера (рис. 6). Такое решение не только позволяет менять угол наклона панелей, но и влияет на объемно-пространственную композицию архитектурного объекта.



а)



б)



в)

Рис. 6. Солнечные электростанции: а), б), в) варианты установки солнечных панелей

Архитектурный образ может по-разному формироваться в зависимости от расстояния наблюдателя. С больших расстояний мы рассматриваем общий объем сооружения и его силуэт. Солнечные электростанции башенного типа имеют вытянутый по вертикали объем. Такие объекты хорошо считываются с большого расстояния, так как имеют «высокую степень выраженности» [7]. В данном случае фотоэлектрические панели

являются частью архитектурно-художественного решения и формируют наиболее характерный силуэт (рис. 7).



Рис. 7. Авторский проект «Лотос»: а), б) общий вид комплекса

Кроме того, в зависимости от времени суток и времени года положение лепестков-концентраторов меняется для оптимального получения солнечного излучения. Это дает возможность получения совершенно разных силуэтов объекта в течение дня. Современные технологии производства тонкопленочных фотоэлементов дают возможность создания как жестких прямых, так и криволинейных поверхностей энергоактивного покрытия. Такое решение существенно обогащает архитектурный образ современного промышленного комплекса.

Гелиостанция так же включает в себя промышленные резервуары для хранения теплоносителя. В данном случае используется солевой раствор. От резервуаров теплоноситель в виде нагретого раствора поддается к турбине и генератору, где тепловая энергия преобразовывается в электрическую (рис. 8). Полученная энергия поступает к водородному производству.

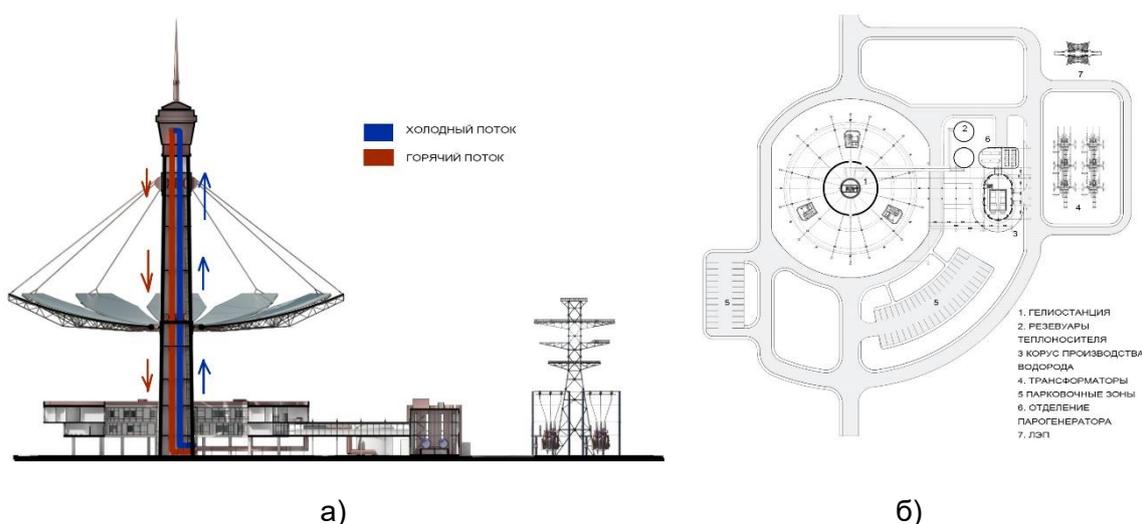
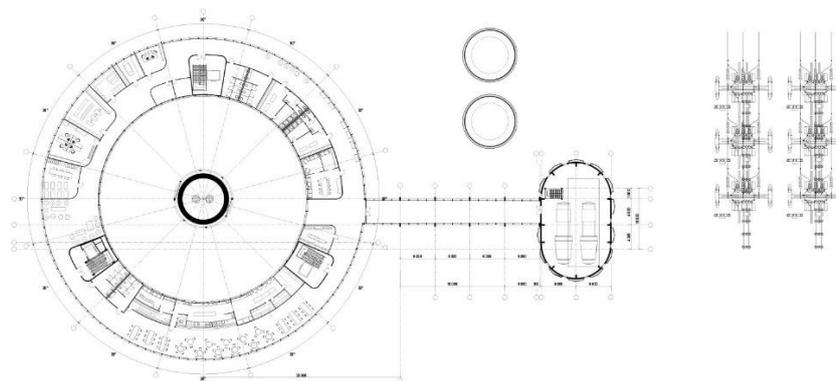


Рис. 8. Авторский проект «Лотос»: а) разрез по комплексу; б) генеральный план

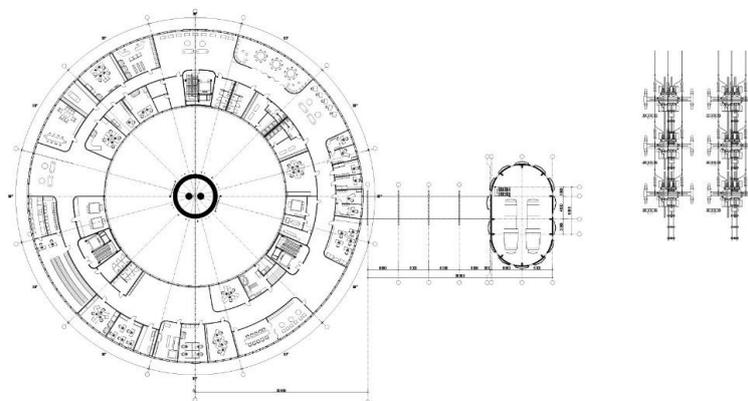
При подходе наблюдателя к зданию меняется его восприятие. Для формирования образа в таком случае, целесообразно сосредоточиться на фасаде комплекса. Например, солнечные панели, могут не только располагаться на кровле, или быть отдельным

фрагментом фасада. Они могут покрывать фасад целиком, являясь в то же время ограждающей конструкцией [3]. Современные тонкоплёночные элементы позволяют создавать и криволинейные поверхности, которые можно использовать при создании образа современного промышленного предприятия. В описываемом проекте «Лотос» водородное производство небольшое и предназначено для опытных исследований и изучения водорода, поэтому фасады выполнены без встроенных гелиостанций. Корпус включает в себя отделения водоподготовки, электролиза, очистки и ожижения водорода. Он может масштабироваться при необходимости расширения производства. На территории также предусмотрено место хранения водорода и трансформаторная подстанция.

Энергия, полученная от гелиостанции, так же обслуживает бытовые нужды научно-исследовательского комплекса, обеспечивая его тепло- и электроэнергией. Комплекс состоит из двух уровней. По периметру здания расположены три лестнично-лифтовых узла. В каждом из них запроектированы зоны для прокладки инженерных систем. При выборе такого типа СЭС как башенные концентраторы, форма здания подчиняется инженерной системе. Чтобы сохранить свободную планировку научного корпуса, но при этом включить гелиостанцию в объемное решение, научный комплекс запроектирован вокруг приемной башни. Уровень на отметке +5.100 включает: входную группу с гардеробом и технические помещения, столовую с кухней, душевые и комнаты отдыха. Уровень на отметке +8.400 включает: комнаты отдыха, помещение управления системами гелиостанции, зал собраний, помещения для работы сотрудников (рис. 9). Научный центр соединен с корпусом производства водорода закрытой галереей.



а)



б)

Рис. 9. Авторский проект «Лотос»: а) план на отм. +5.100; б) план на отм. +8.400

Заключение

Водород является одной из самых перспективных систем хранения энергии. Он может производиться как за счет излишек энергии, вырабатываемой на традиционных и альтернативных электростанциях, так и за счет энергии новых альтернативных электростанций. Полноценные комплексы по производству водорода являются актуальным и перспективным сектором промышленности.

Проведенный анализ существующих предприятий по производству водорода позволил выявить, что объекты солнечной энергетики никак не влияют на их архитектурное решение. Необходимо создание нового подхода при проектировании данных комплексов, в котором раскрывается потенциал гелиостанций в формировании архитектурного образа. Такой подход может существенно обогатить и разнообразить объекты современной промышленной архитектуры.

Гелиостанции могут полноценно влиять на конструктивное решение здания, его облик и восприятие. Для повышения энергоэффективности системы при проектировании такого типа объектов необходимо учитывать главный внешний фактор – ориентация по сторонам света. Вследствие этого может меняться форма сооружения и его планировочное решение, так как инженерно-техническое оборудование определяет наличие вспомогательных технических и хозяйственных помещений.

Источники иллюстраций

Рис. 1а. URL: <https://www.powermag.com/fukushima-hydrogen-energy-research-field-demonstrates-hydrogen-integration/> (дата обращения: 12.12.2023).

Рис. 2а, 2б. URL: <https://www.seetao.com/details/214491.html> (дата обращения: 12.12.2023).

Рис. 3а. URL: <https://www.ixbt.com/news/2023/07/01/zapushena-pervaja-v-mire-vetrijanaja-jelektrostantsija-posredstvom-kotoroj-vodorod-proizveli-neposredstvenno-v-okeane.html> (дата обращения: 12.12.2023).

Рис. 5а. URL: <https://tech.wikireading.ru/h9z8XGrCIR> (дата обращения: 12.12.2023).

Рис. 6а. URL: <http://www.onechoicesolar.com/solar-fun-facts/solar-energy-the-future/james-cameron-solar-sunflowers/> (дата обращения: 12.12.2023).

Рис. 6б. URL: <https://www.solarpatiosandpergolas.com/solar-panels> (дата обращения: 12.12.2023).

Рис. 6в. URL: <https://adcitymag.ru/umnye-palmy-smart-palm-2/> (дата обращения: 12.12.2023).

Рис. 4,7а,7б,8а,8б,9а,9б в авторской обработке.

Список источников

1. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бородач, Н.В. Шилкин. Москва: АВОК-ПРЕСС, 2007.
2. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии / П.П. Безруких, Д.С. Стребков; под ред. Д.С. Стребкова; Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва (ГНУ ВИЭСХ). Москва: ГНУ ВИЭСХ, 2005. 263 с.
3. Мягков М.С. Фотоэлектрические установки в архитектурной среде и ее биоклиматическая комфортность / М.С. Мягков, Л.И. Алексеева // Architecture and Modern Information Technologies. 2020. №2(51). С. 255-288. URL: https://marhi.ru/AMIT/2020/2kvart20/PDF/14_myagkov.pdf DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15114 (дата обращения: 28.01.2024).

4. Future of Architecture: Buildings as Power Plants / Journal of Civil Engineering and Architecture DPC. URL: <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2021.03.001> (дата обращения: 21.01.2024).
5. Рябов А.В. Объекты альтернативной энергетики в современной архитектурной среде. Москва: Аналитик, 2012.
6. Ганжа В.Л. Основы эффективного использования энергоресурсов: теория и практика энергосбережения / В.Л. Ганжа; ред. А.А. Баранова. Минск: Белорусская наука, 2007. 452 с. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143049> (дата обращения: 21.01.2024).
7. Николаева И.О. Особенности интеграции фотоэлектрических установок в архитектуру зданий (на примере научно-производственных комплексов) // Architecture and Modern Information Technologies. 2023. №2(63). С. 115-129. URL: https://marhi.ru/AMIT/2023/2kvart23/PDF/07_nikolaeva.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-2-115-129 (дата обращения: 28.01.2024).

References

1. Tabunshchikov Yu.A., Borodach M.M., Shilkin N.V. *Energoeffektivnye zdaniya* [Energy efficient buildings]. Moscow, 2007.
2. Bezrukih P.P., Strebkov D.S. *Vozobnovlyаемая энергетика: strategiya, resursy, tekhnologii* [Renewable energy: strategy, resources, technologies]. Moscow, 2005, 263 p.
3. Myagkov M., Alekseeva L. Photovoltaic Panels and Bioclimatic Comfort of the Architectural Environment. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2020, no. 2(51), pp. 255–288. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2020/2kvart20/PDF/14_myagkov.pdf DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15114
4. Future of Architecture: Buildings as Power Plants / Journal of Civil Engineering and Architecture DPC. Available at: <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2021.03.001>
5. Ryabov A.V. *Ob"ekty al'ternativnoi energetiki v sovremennoi arkhitekturnoi srede* [Alternative power plants in modern architectural space]. Moscow, 2012.
6. Ganzha V.L. *Osnovy effektivnogo ispol'zovaniya energoresursov: teoriya i praktika energosberezheniya* [Fundamentals of efficient use of energy resources: theory and practice of energy saving]. Minsk, 2007, 452 p. Available at: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143049>
7. Nikolaeva I.O. Features of the integration of photovoltaic systems into the architecture of buildings (on the example of research, development, and production facilities). *Architecture and Modern Information Technologies*, 2023, no. 2(63), pp. 115-129. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2023/2kvart23/PDF/07_nikolaeva.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2023-2-115-129

ОБ АВТОРАХ

Дидык Виктория Владимировна

Магистрант кафедры «Архитектура промышленных сооружений», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
viktoriyaraketa@gmail.com

Чебан Аника Николаевна

Старший преподаватель кафедры «Инженерное оборудование зданий», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

7210869@gmail.com

ABOUT THE AUTHORS**Didyk Viktoriya V.**

Master Student of the Department of «Architecture of Industrial Buildings», Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

viktoriyaraketa@gmail.com

Cheban Anika N.

Senior Lecturer of the Department of «Engineering Equipment of Buildings», Moscow Architectural Institute (State Academy), Moscow, Russia

7210869@gmail.com

Статья поступила в редакцию 22.01.2024; одобрена после рецензирования 20.02.2024; принята к публикации 26.02.2024.