УДК 72.03:728.03:620.9

© О. П. Фёдоров, доцент

© А. А. Кузьмина, ассистент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: oleg_proart@mail.ru, leaspring@mail.ru

© Ю. Н. Лобанов, д-р архит., профессор

(ООО «Архитектурная мастерская Ю. Н. Лобанова»)

E-mail: zod-37@yandex.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-4-29-38

© O. P. Fedorov, Associate Professor

© A. A. Kuzmina, assistant lecturer

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)

E-mail: oleg_proart@mail.ru, leaspring@mail.ru

© Yu. N. Lobanov, Dr. Arch., Professor

(LLC «Architectural workshop of Yu. N. Lobanov»)

E-mail: zod-37@yandex.ru

АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ

ARCHITECTURAL FEATURES OF USING WIND POWER PLANTS IN THE CITY HISTORICAL DEVELOPMENT

Обоснована актуальность темы исследования по определению способов интеграции альтернативных источников энергии в историческую среду. Кратко проанализированы инфраструктурные объекты, выявлена их типология. Сформулированы рекомендации по способам интеграции ветроэнергетических установок в объекты инфраструктуры исторической среды.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, ветроэнергетическая установка, историческая среда.

The article substantiates the relevance of the chosen research theme on determining how to integrate alternative energy sources into the urban historical environment. Infrastructure objects are briefly analyzed, their typology is revealed. Recommendations are offered regarding the means of integrating wind power installations into the infrastructure of the historical environment.

Keywords: alternative energy sources, wind power installation, historical environment.

За последние десятилетия альтернативная энергетика стала полноценным направлением мирового инновационного развития. Достижение энергоэффективности укоренилось в международных и региональных программах развития государств, и почти все виды возобновляемых источников энергии имеют как промышленное применение, так и интегрируются в городскую жилую застройку. По данным аналитической компании Enerdata, в Норвегии около 97 % электроэнергии добывается из альтернативных источников энергии, около 80 % в Новой Зеландии и Бразилии, 30–40 % вырабатывается в Германии, Италии, Испании, Великобритании, а в России этот показатель составляет всего 17,2 %¹. Очевидно значительное отставание России, поэтому так важно уделять внимание не только солнеч-

ным электростанциям и ветроэлектростанциям, но и интеграции альтернативных источников энергии в городскую застройку, которая способствует уменьшению расходов населения на коммунальные платежи и в целом потребления ресурсов государства, а также она может внести значительный вклад в показатели энергоэффективности страны [1].

Центр города почти всегда является исторической средой, несущей в себе культурный код предыдущих поколений. В целях сохранения объектов культурного наследия государством устанавливаются дополнительные ограничения для застройки и реконструкции исторических районов городов. Градостроительными документами устанавливаются регламенты и территориальные зоны, определяются охранные зоны объектов культурного наследия, зоны регули-

¹ Enerdata. Статистический ежегодник мировой энергетики.
URL: <https://yearbook.enerdata.ru/>

рования застройки и хозяйственной деятельности, зоны охраняемых природных ландшафтов. Специфика культурного наследия Санкт-Петербурга диктует сочетание пообъектной, средовой и градостроительной охранных практик. Предметы охраны культурного наследия — это ключевые элементы, параметры, характеристики среды, которые являются носителями исторической, архитектурной, художественной ценности [2]. В результате историческая среда накладывает свои ограничения на создаваемые в ней объекты: размер, вес, внешний облик, способ их размещения. Это касается и отдельных объектов среды, и элементов, интегрируемых непосредственно в здания.

Учитывая специфику проектирования для Санкт-Петербурга, его климатические особенности, для более подробного анализа в качестве альтернативного источника энергии была выбрана энергия ветра, получаемая посредством использования ветроэнергетических установок (ВЭУ). Аргументируя использование ветроэнергетических установок, В. С. Сидорович говорит о том, что энергия ветра позволяет вырабатывать самое дешевое электричество, приводя в пример Китай, ветроэнергетика которого уже с 2012 г. дает электричества больше, чем атомные электростанции [3]. Говоря о Санкт-Петербурге и его исторической среде, также стоит отметить, что важнейшим фактором интеграции ВЭУ является возможность использования ветроэнергетических установок как элемента композиции в архитектуре и градостроительстве. Этот вопрос, а также исследование развития проектных решений с использованием ветроэнергетических установок в архитектуре и их композиционной роли в архитектуре представлены в различных работах [4, 5, 6]. Также проанализирована интеграция ВЭУ в архитектуру малоэтажных зданий, которые могут составлять существенную часть исторической застройки [7].

Одним из самых знаменитых примеров интеграции ВЭУ в историческую среду является Эйфелева башня (рис. 1), на второй уровень которой в конце февраля 2015 года были установлены два ветрогенератора, обеспечивающие электричеством все зоны первого уровня. Чтобы избежать контраста новых установок и исторической конструкции, ветрогенераторы были

Рис. 1. Расположение ВЭУ в Эйфелевой башне

выполнены в том же цвете, что и конструкции Эйфелевой башни (рис. 2). Также стоит отметить объект Twelve West в Портленде (рис. 3), ветрогенераторы которого включены в общую композицию здания и являются своеобразными акцентами. Наличие ветрогенераторов не разрушает образ находящегося рядом исторического здания (рис. 4), так как их конструкция отличается стройными пропорциями и цветом, теряющимися на фоне неба. В качестве отечественного примера можно привести бизнес-центр «Эко-Статус» в Санкт-Петербурге (рис. 5), где установлены не только ветрогенератор, но и солнечные батареи, и устройство сбора дождевой воды.

Для дальнейшего исследования необходимо определить тип исторической застройки Санкт-Петербурга, наиболее подходящей для размещения ВЭУ. Основной отличительной особенностью Санкт-Петербурга являются не только всемирно известные градостроительные ансамбли, но и великолепная рядовая жилая застройка, характеризующаяся выдающимися архитектурными качествами отдельных зданий при сохранении целостного архитектурного облика [8]. Анализ исторических районов Санкт-Петербурга позволил выявить следующие типы застройки: ансамблевую застройку, культовые сооружения,

Рис. 2. ВЭУ в конструкциях Эйфелевой башни

Рис. 3. ВЭУ на крыше здания Twelve West

точечную застройку (дворцовые постройки, особняки и т. д.), промышленные здания и фоновую жилую застройку.

При решении задач установки ВЭУ в условиях исторической среды можно выделить следующие подходы: интеграция ВЭУ в современные объекты инфраструктуры и установка ВЭУ непосред-

Рис. 4. Вид на Twelve West со стороны исторического здания

Рис. 5. БЦ «Эко-Статус» в Санкт-Петербурге

ственно на исторических зданиях, относящихся к фоновой застройке.

Инфраструктурными объектами в исторической среде, оптимальными для интеграции ВЭУ, являются объекты с вертикальными опорами-мачтами (фонарные столбы, рекламные опоры, опоры для установки антенн сотовой связи и т. п.), остановочные пункты общественного транспорта и дворовые котельные тепловые станции (мини-ТЭЦ). Современный вид, доступность обслуживания и установки таких объектов в исторической среде, а главное, наличие вертикальных элементов в конструкции дают возможность расширить их функциональное назначение, включив в конструкцию ветроэнергетические установки.

Анализ особенностей инфраструктурных объектов в исторической среде позволил определить ряд рекомендаций по интеграции в них ВЭУ.

Мачты-опоры различного назначения (рис. 6):

- объединение нескольких функций в одном объекте (освещение, опора для антенн сотовой связи, установка альтернативных источников энергии — ветрогенератора и солнечных панелей, реклама и т. д.);
- расположение ВЭУ на самой высокой отметке конструкции в целях повышения эффективности работы;
- дизайн таких объектов должен быть выполнен в едином стиле для всей территории исторического района или всего города (разработка дизайн-кода малых городских форм);
- тип ротора ВЭУ (трехлопастной, геликоидный или ротор Дарье) определяется исходя из специфики ветровых потоков, путем моделирования с учетом преобладающих ветров и окружающей застройки;

- габариты ВЭУ зависят от высоты и масштаба объекта.

Остановочные пункты

Остановки общественного транспорта в историческом центре города как объекты не капитального строительства могут быть как нейтральными по своим стилевым решениям, так и контрастирующими с существующей средой. В связи с этим решения по интеграции в них ВЭУ могут быть достаточно разнообразными (рис. 7, 8):

- совместное использование ВЭУ и солнечных панелей для энергоснабжения остановочного пункта (освещение, работа информационных табло и т. п.);
- расположение ВЭУ на самой высокой отметке конструкции в целях повышения эффектив-

Рис. 6. Примеры объектов в среде. Варианты интеграции ВЭУ в мачты-опоры различного назначения

ности работы — возможны варианты установки непосредственно над навесом или на него или установка на более высокой опоре, являющейся продолжением конструкции каркаса объекта;

- тип ротора ВЭУ (трехлопастной, геликоидный или ротор Дарье) определяется исходя из специфики ветровых потоков путем моделирования с учетом преобладающих ветров и окружающей застройки, а также общего дизайна объекта;

Рис. 7. Примеры объектов в среде

- для интеграции в объекты такого масштаба, как остановочные павильоны, используются малогабаритные ВЭУ.

Котельные тепловые станции

Несмотря на изначальную энергетическую функцию, осуществляемую посредством традиционных источников энергии (дизель или газ), данный тип объектов исторической среды удачно подходит для популяризации использования ветроэнергетики. Трубы-воздуховоды котельных, как правило, являются наиболее высокими элементами в исторической среде квартала или района, поэтому установка на их конструкциях ветрогенераторов позволит достичь высокой эффективности их работы (рис. 9, 10):

- расположение ВЭУ с ротором геликоидного типа непосредственно над трубой;
- использование вспомогательных конструкций (поддерживающих трубы ферм) для установки на них малогабаритных ВЭУ с роторами геликоидного типа либо лопастного.

Общие градостроительные рекомендации

При интеграции ВЭУ в объекты городской инфраструктуры необходимо выбирать для их размещения максимально открытые пространства, учитывать существующие постройки и деревья как помехи для постоянного ветрового потока. К открытым пространствам могут относиться площади, набережные рек и каналов, проспекты и улицы. Направления улиц и проспектов, на которых размещаются объекты с интегрированными ВЭУ, должны соответствовать основным направлениям розы ветров для данной территории. Выбор масштаба, габаритов ВЭУ зависит от размеров и конструктивных возможностей опоры объекта, от масштабных характеристик среды, где объект размещается, и технико-экономических расчетов производительности ВЭУ.

Интеграция в исторические здания

Для более детального анализа вариантов установки ВЭУ на зданиях в данном исследовании будет рассматриваться фоновая жилая застройка и ее внутриквартальные пространства. Обращение именно к этой группе характеризуется большими размерами этих территорий и малой изученностью. Среди публикаций выделяются статьи, создающие базу для понимания данной темы. С. В. Семенцов представляет и системати-

Рис. 8. Варианты интеграции ВЭУ в остановочные пункты

Рис. 9. Примеры объектов в среде

зирует основные документы, определившие развитие системы застройки кварталов и эволюцию их ключевых геометрических параметров [9, 10]. Ф. В. Перов, Л. П. Лавров, Е. Г. Молоткова проводят анализ внутриквартальных территорий, дифференцируя большие территории, и выявляют характерные морфотипы [11, 12].

Благодаря развитию институтов самоуправления жилым фондом, увеличению количества ТСЖ, негосударственных жилищно-эксплуатационных компаний, демократизации

процессов управления посредством выборов «председателей» дома из числа жильцов и т. д., владельцы квартир имеют возможность влиять на принимаемые решения, действия и меры по сокращению энергопотребления, экономии затрат на коммунальные услуги. В числе таких мер утепление чердачных пространств, использование энергоэффективных (светодиодных ламп) на общедомовой территории, замена элементов инженерного оборудования на более современное и эффективное и другие. Актуальным для неко-

Рис. 10. Варианты интеграции ВЭУ с котельными тепловыми станциями

торых регионов на сегодняшний день и перспективным для всех в обозримом будущем направлением можно считать использование альтернативных источников энергии для восполнения общедомовых энергетических затрат — установку солнечных панелей и ветрогенераторов. Но при реализации таких решений, прежде всего установки ВЭУ на исторических зданиях, относящихся к фоновой застройке исторического центра, можно обозначить ряд задач.

Для большей эффективности работы ВЭУ необходимо размещать их на максимальной высоте — на кровлях зданий, карнизах, коньках.

Важно определить устройства, потребляющие вырабатываемую энергию. Для простой и эффективной работы можно использовать получаемую энергию, например, только на цели освещения или на обеспечение функционирования комплекса «умных» решений общедомового

хозяйства — камер видеонаблюдения, датчиков присутствия, управления солнцезащитными решениями, функционирования объектов дворового благоустройства и других элементов сети в соответствии с объемом потребляемой энергии.

Также необходимо определить место под размещение сопутствующего оборудования (генератора, аккумуляторов, инвертора, контроллера). Наиболее оптимальным является размещение в чердачном пространстве, что позволяет защитить его от воздействия внешней среды без использования дополнительных защитных кожухов, шкафов или контейнеров.

В современной застройке ВЭУ будут являться неотъемлемой частью общей композиции и даже могут стать архитектурными акцентами, но в исторической среде объем и элементы декора нельзя изменять и чем-то дополнять и нарушать целостность среды. Одним из важнейших условий интеграции ВЭУ в историческую среду является минимальное вмешательство в визуальный облик, силуэт и композицию зданий и перспективных панорам исторической части города. Это может быть обеспечено благодаря установке ВЭУ в таких точках, где они не будут просматриваться с основных маршрутов движения и с прилегающих общественных пространств. Инженерный объект не устанавливается на важных перспективных и панорамных («открыточных») видах, чтобы не стать диссонирующим элементом и не «замусорить» визуальные характеристики исторической среды. Кроме того, необходимо добиваться визуального слияния интегрируемого ВЭУ и здания. Интегрируемый объект должен соответствовать среде по цветово-красочным параметрам, масштабу, может быть совмещен с конструктивными или инженерными элементами другого функционального назначения.

С учетом этих задач предлагаются несколько вариантов проектных решений при интеграции ВЭУ в объекты фоновой исторической застройки (рис. 11):

- установка мачтовых ВЭУ во внутренних дворах. Такое решение обусловлено рядом причин: большой площадью внутриквартальных территорий (более 1000 га), спецификой формирования данных территорий и растущим интересом общественности к ним, а также неоднозначной характеристикой, даваемой специали-

стами внутриквартальной среде в наши дни [13]. При данном способе размещения ВЭУ способны стать стимулом к развитию этих пространств и возможностью для решения ряда проблем этих территорий [14];

- установка малогабаритных и микроветрогенераторов со специальной конструкцией на коньке крыши;
- установка малогабаритных ВЭУ с использованием каркаса защитных ограждений карнизных свесов скатных кровель.

«Дерево во дворе»

Ортогональный вертикальный ветрогенератор, ротор Савониуса или Дарье имитирует дерево во дворе

«Ограждение на крыше»

«Конёк»

Геликоидный ветрогенератор следует за коньком крыши

Рис. 11. Рекомендации по интеграции ВЭУ в историческую застройку

Тип ротора ВЭУ (трехлопастной, геликоидный или ротор Дарье) определяется исходя из специфики ветровых потоков, путем моделирования с учетом преобладающих ветров и окружающей застройки, а также общего дизайна объекта и выбранной концепции решения.

Подводя итог, можно сказать, что существующее разнообразие дизайна альтернативных источников энергии и широкий выбор современного рынка создают возможности для различных способов интеграции ветроэнергетических установок в историческую среду. Санкт-Петербург стремится не отставать от современных тенденций альтернативной энергетики и в то же время является частью всемирного исторического наследия. Именно поэтому выявление и формирование способов интеграции — важный аспект современной архитектурной деятельности.

Библиографический список

1. Федоров О. П. «Экоустойчивая архитектура» как профессиональный термин в архитектурной деятельности // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 6 (59) С. 86–90.
2. О Петербургской стратегии сохранения культурного наследия. URL: http://gov.spb.ru/gov/otrasl/c_govcontrol/peterburgskaya-strategiya-sohr... (дата обращения: 20.04.2020).
3. Сидорович В. С. Мировая энергетическая революция: Как возобновляемые источники энергии изменяют наш мир. М.: Альпина Паблшер, 2015. 208 с.
4. Федоров О. П. Эволюция использования ветроэнергетических установок как элемента композиции в архитектуре и градостроительстве // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 5 (58). С. 36–43.
5. Федоров О. П. НИР 2016 г. «Исследование развития проектных решений с использованием ветроэнергетических установок в архитектуре и градостроительстве». СПб.: СПбГАСУ, 2016.
6. Поляков И. А., Ильвицкая С. В. Использование средств альтернативной энергетики при формировании художественного образа в архитектуре // Международный электронный сетевой научно-образовательный журнал. 2017. № 1 (38) С. 160–173.
7. Груничев И. А. Интеграция ветроэнергетических установок в архитектуру малоэтажных жилых зданий // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 2 (61). С. 5–13.
8. Головина С. Г. Архитектурно-конструктивные особенности этапов развития исторической жилой застройки Санкт-Петербурга XVIII – нач. XX вв. //

Вестник гражданских инженеров. 2019. № 6 (77). С. 36–43.

9. Семенцов С. В. Этапы формирования пространственной среды Санкт-Петербурга. Ч. 1. Историческое развитие кварталов и их регламентация // Вестник гражданских инженеров. 2006. № 2 (7). С. 15–20.

10. Семенцов С. В. Этапы формирования пространственной среды Санкт-Петербурга. Ч. 2. Историческое развитие участков (системы разбивки и застройки участков) и их регламентация // Вестник гражданских инженеров. 2006. № 3 (8). С. 21–26.

11. Перов Ф. В. Влияние морфологии архитектуры исторического города на проблемы идентификации городской среды // Архитектура, градостроительство и дизайн. Челябинск: Южно-Уральский юридический вестник. 2015. № 4 (06). С. 10–19.

12. Лавров Л. П., Молоткова Е. Г., Перов Ф. В. Морфотипы кварталов исторического центра Санкт-Петербурга // ACADEMIA. Архитектура и строительство. 2019. № 4. С. 52–59.

13. Лавров Л. П. Краснопольский А. Ф. Молоткова Е. Г. Введение в типологию внутриквартальных открытых пространств исторического центра Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 5 (70) С. 14–25.

14. Лавров Л. П. Краснопольский А. Ф. Молоткова Е. Г. Проблемы развития внутриквартальных территорий исторического центра Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 3 (68). С. 15–29.

References

1. Fedorov O. P. «*Ekoustoychivaya arkhitektura*» kak professional'nyy termin v arkhitekturnoy deyatel'nosti [“Sustainable architecture” as a professional term in architectural activities]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 6 (59), pp. 86–90.
2. O Peterburgskoy strategii sokhraneniya kul'turnogo naslediya [About the St. Petersburg strategy for preserving the cultural heritage]. Available at: http://gov.spb.ru/gov/otrasl/c_govcontrol/peterburgskaya-strategiya-sohr (accessed: 20.04.2020).
3. Sidorovich V. S. *Mirovaya energeticheskaya revolyutsiya: Kak vozobnovlyayemye istochniki energii izmenyayut nash mir* [World energy revolution: how renewable energy sources change our world]. Moscow, Al'pina Publisher Publ., 2015, 208 p.
4. Fedorov O. P. *Evolyutsiya ispol'zovaniya vetroenergeticheskikh ustanovok kak elementa kompozitsii v arkhitekture i gradostroitel'stve* [Evolution of using the wind power plant (WPP) as an element of composition in architecture and urban planning]. *Vestnik grazhdanskikh*

inzhenerov – *Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 5 (58), pp. 36–43.

5. Fedorov O. P. *Issledovanie razvitiya proektnykh resheniy s ispol'zovaniem vetroenergeticheskikh ustanovok v arkhitekture i gradostroitel'stve* [Investigation of the development of design solutions with the use of wind turbines in architecture and urban planning]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2016.

6. Polyakov I. A., Il'vitskaya S. V. *Ispol'zovanie sredstv al'ternativnoy energetiki pri formirovani khudozhestvennogo obraza v arkhitekture* [Use of alternative energy resources in the formation of an artistic image in architecture]. *Mezhdunarodniy elektronniy setevoy nauchno-obrazovatel'niy zhurnal – International electronic network scientific and educational journal*, 2017, no. 1 (38), pp. 160–173.

7. Grunichev I. A. *Integratsiya vetroenergeticheskikh ustanovok v arkhitekturu maloetazhnykh zhilykh zdaniy* [The integration of wind driven power plants into the architecture of low-rise residential buildings]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 2 (61), pp. 5–13.

8. Golovina S. G. *Arkhiturno-konstruktivnye osobennosti etapov razvitiya istoricheskoy zhiloy zastroyki Sankt-Peterburga XVIII – nach. XX vv.* [Architectural and design features of historical residential development stages in St. Petersburg in the XVIII – early XX centuries]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 6 (77), pp. 36–43.

9. Sementsov S. V. *Etapy formirovaniya prostranstvennoy sredy Sankt-Peterburga. Ch. 1. Istoricheskoe razvitie kvartalov i ikh reglamentatsiya* [Stages of formation of the spatial environment of Saint Petersburg. Pt. 1. Historical development of quarters and their regulation]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2006, no. 2 (7), pp. 15–20.

10. Sementsov S. V. *Etapy formirovaniya prostranstvennoy sredy Sankt-Peterburga. Ch. 2. Istoricheskoe razvitie uchastkov (sistemy razbivki i zastroyki uchastkov) i ikh reglamentatsiya* [Stages of formation of the spatial environment of Saint Petersburg. Pt. 2. Historical development of plots (systems of division and development of plots) and their regulation]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2006, no. 3 (8), pp. 21–26.

11. Perov F. V. *Vliyaniye morfologii arkhitektury istoricheskogo goroda na problemy identifikatsii gorodskoy sredy. Arkhitektura, gradostroitel'stvo i dizayn* [Influence of morphology of architecture of the historical city on the problems of identification of the urban environment. Architecture, urban planning and design]. Chelyabinsk, *Yuzhno-Ural'skiy yuridicheskiy vestnik – South Ural Legal Bulletin*, 2015, no. 4 (06), pp. 10–19.

12. Lavrov L. P., Molotkova E. G., Perov F. V. *Morfotipy kvartalov istoricheskogo tsentra Sankt-Peterburga* [Morphotypes of quarters of the historical center of Saint Petersburg]. *ACADEMIA. Arkhitektura i stroitel'stvo – ACADEMIA. Architecture and construction*, 2019, no. 4, pp. 52–59.

13. Lavrov L. P., Krasnopol'skiy A. F., Molotkova E. G. *Vvedeniye v tipologiyu vnutrikvartal'nykh otkrytykh prostranstv istoricheskogo tsentra Sankt-Peterburga* [Introduction to the typology of intra-quarter spaces of the historical center of St. Petersburg]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 5 (70), pp. 14–25.

14. Lavrov L. P., Krasnopol'skiy A. F., Molotkova E. G. *Problemy razvitiya vnutrikvartal'nykh territoriy istoricheskogo tsentra Sankt-Peterburga* [Problems of intra-quarter territory development in St. Petersburg historical center]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 3 (68), pp. 15–29.