

# ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ - АРХИТЕКТУРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЗДАНИЯ

**В.В. Елистратов, Д.М. Боброва**

*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,  
Санкт-Петербург, Россия*

## Аннотация

В статье представлена классификация использования ветровых установок на зданиях. Сегодня использование энергии ветра становится одним из самых развитых направлений возобновляемой энергетики. Установленная мощность сетевых ветроэлектрических станций (ВЭС) в Европе составляет более 75 ГВт, но они неспособны полностью обеспечить население городов и сел необходимой энергией. Одним из весьма актуальных направлений является использование малых ветроэнергетических установок (ВЭУ) в системах инженерного обеспечения зданий любого функционального назначения, как промышленных, так и жилых. Усилия архитекторов и инженеров направлены на то, чтобы объединив идеи использования энергии ветра, функциональное назначение зданий и дизайнерские принципы создания архитектурной формы, получить гармоничный результат.

В наше время существует много реализованных и проектных решений интеграции ВЭУ в здания. Выделено и проанализировано 5 вариантов интеграции. Выполнена классификация архитектурных решений по месту расположения ВЭУ на доме и их влиянию на формообразование основного объема.

**Ключевые слова:** архитектура, формообразование, ветроэнергетические установки, энергоэффективные здания, ветроэнергетика, энергоэффективные технологии

## THE WIND GENERATOR - ARCHITECTURAL ELEMENT OF THE BUILDING

**V. Elistratov, D. Bobrova**

*Saint-Petersburg state Polytechnical University, Saint-Petersburg, Russia*

## Abstract

The article presents the classification of the use of wind installations in the buildings. Today, the use of wind energy is becoming one of the most developed areas of renewable energy. The installed capacity of the network wind power stations (WPS) in Europe is more than 75 GW, but they are not able to fully provide the population of the cities and villages of the needed energy. One of the very important areas is the use of small wind power plants in systems of engineering maintenance of buildings of any functional purpose, as industrial, and residential. The efforts of architects and engineers are directed to uniting ideas of use of energy of wind, the functional purpose of buildings and design principles of architectural forms, get a harmonious result.

In our time there are many implemented and design decisions of the integration of wind energy generating units in the building. Allocated and analysed 5 variants of integration. The authors classifies the architectural decisions on the location of the wind turbines in the house and their influence on the shaping of the main volume.

**Keywords:** architecture, shaping, wind power, wind power, energy-efficient buildings, energy-efficient technologies

В последнее время человечество все чаще сталкивается с проблемами, связанными с экологической безопасностью и ограниченностью энергетических ресурсов на Земле.

Приоритетными направлениями при этом становятся вопросы охраны природной среды и обеспечения экологической безопасности, которые нужно решать, прежде всего, за счет рационального использования энергии, снижения потребления энергоресурсов и замены углеродного топлива на возобновляемые источники. Во многих развитых странах существуют государственные программы развития возобновляемых источников энергии, в том числе и ветроэнергетики. Благодаря этим программам решаются научно-технические, энергетические, экологические, социальные и образовательные задачи.

Вопрос энергосбережения в строительстве стал объектом пристального внимания с 70-х годов XX века. Главной причиной послужило осознание необходимости экономии энергоресурсов после мирового энергетического кризиса 1974 года, а также создание инновационной концепции устойчивого развития и её принятие большинством развитых стран мира. Разработка первых принципов в области энергоэффективности зданий стала результатом критики Международной энергетической конференции ООН. Оппонентами МИРЭК выступили специалисты, которые говорили об огромных резервах повышения тепловой эффективности зданий. В ответ на это в 1976 году МИРЭК был сформулирован основной принцип экономии энергии. Он гласил, что “энергоресурсы могут быть использованы более эффективно, если меры, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также приемлемы с экологической и социальной точек зрения” [2].

Современная ветроэнергетика - одна из наиболее развитых и перспективных отраслей возобновляемой энергетики. Она развивается во многих странах. Установленная мощность ВЭС в мире по итогам 2012 года составила более 280 ГВт, а в Европе – более 75 ГВт. Крупные ветроэнергетические проекты реализованы в Швеции, Китае, Ирландии, Канаде, Новой Зеландии, Швейцарии, США, Германии, Испании, Дании (Рис.1).



Рис. 1. Современный ветропарк

Ветроэлектростанции или ветропарки с расположенными на них ветроагрегатами располагаются на открытых ветру площадках. Реакция на вид вращающихся ВЭУ бывает весьма субъективной (Рис.1) [5]. Многие люди воспринимают их положительно, как символ чистой энергии, в то время как другие находят их нежелательными добавлением к пейзажу. Как известно, крупные ВЭС замещают только часть энергии, потребляемой обществом, и способствуют использованию зеленой энергии в структуре энергоснабжения крупных потребителей. Для решения проблемы повышения энергоэффективности небольших потребителей, отдельных зданий и сооружений, может быть использовано решение о внедрении ветрогенераторов в структуру городской

среды, расположение их на зданиях любого функционального назначения для производства энергии, обеспечивающей жизнедеятельность человека.

Но город – это сформированная структура улиц и домов, довольно плотная, где потоки ветра изменяют свое направление и, встречаясь с препятствиями, уменьшают скорость. Если структура города выстраивается так, чтобы «остановить» ветер для обеспечения комфортной жизни городского жителя, то для ветрогенератора необходимо обеспечить свободный доступ. При этом размеры и конструкции ветроустановок, от которых зависит производство объема необходимой энергии, влияют на форму и образ здания, и не всегда в положительную сторону.

Усилия архитекторов и инженеров направлены на то, чтобы объединив идеи использования энергии ветра, функции здания и искусство создания архитектурной формы, получить гармоничный результат. Поиск направлен на выбор форм и конструкций не только ветрогенераторов, но и собственно здания, которые способствуют усилению потока ветра, а также организуют его направление к преобразователю энергии.

В наше время существует много уже реализованных и еще проектных решений внедрения ветровых установок на здание. Проанализировав их, можно выделить 5 вариантов. Классификация основывается на местоположении ветрогенератора на теле дома и его влиянии на формообразование основного объема.

Первый вариант (Рис. 2) [3] – это размещение ветрогенератора с горизонтальной осью вращения в верхней части высотного дома. Такое решение является наиболее распространенным, и часто ветрогенераторы устанавливаются на крышах зданий, как строящихся, так и уже существующих.



Рис. 2. Схема первого варианта

Конечно, один из путей определяет строительство высотных зданий. Размещая ветроагрегат на крышах «небоскребов», обеспечивают свободный доступ ветру и отсутствие каких-либо препятствий, снижающих его мощь.

При этом генератор, расположенный на кровле, практически существует независимо от общей формы дома, и служит лишь инженерным обеспечением здания того или иного функционального назначения. Два объема существуют отдельно, независимо друг от друга, и перед инженерами и архитекторами встает вопрос их возможного сочетания.

Один из таких проектов реализован в Лондоне компанией Brookfield Europe и интересен попыткой сочетать архитектуру здания с формой и конструкцией ветровых установок, которые становятся своеобразными архитектурными деталями. Помимо самих установок, на кровле дома расположены цилиндрические оболочки, создающие эффект

аэродинамической трубы, что способствует усилению потока ветра и увеличению вырабатываемой энергии, а также они объединяют здание и ветровые турбины в едином объеме (Рис. 3) [6].



Рис. 3. Пример применения первого варианта (жилой дом, Лондон, реализованный проект)

Во втором варианте (Рис. 4) [3] ветровая установка с вертикальной осью вращения расположена также в верхней части дома. В данном варианте все происходит по тому же принципу, что и в первом. В первом случае, горизонтальный двигатель чаще применяется для высотных зданий, а во втором - вертикальный двигатель для зданий с небольшой этажностью. Основным недостатком вертикальных ветровых турбин является их низкая эффективность. Преимущества данных генераторов в том, что при их установке нет необходимости учитывать направление потока ветра. Вертикальные ветряные турбины не снабжены управлением, которое поворачивает ротор по направлению ветра. Горизонтальные же установки имеют обычно флюгер и системы слежения.



Рис. 4. Схема второго варианта

Для высотных зданий характерны свободные потоки ветра, но когда мы сталкиваемся со зданиями средней и малой высотности, то потоки ветра могут изменять свои направления и снижать скорость, сталкиваясь с препятствиями, объектами окружающей застройки. Поэтому в данном варианте применение ветрового генератора с вертикальной осью

вращения является оптимальным, т.к. он работает на низких скоростях ветра и способен производить электроэнергию (Рис. 5) [7].



Рис. 5. Пример применения второго варианта (общественное здание, Лондон, реализованный проект)

Третий вариант решения (Рис. 6) (Рис. 7) [3] – внедрение ветряка непосредственно в тело здания. Он может располагаться как на крыше, так и между этажами. В данном варианте используется механизм с вертикальной осью вращения, который позволяет спрятать объем пропеллера в любое место дома. Данный вариант влияет на пластику фасада. Для того, чтобы усилить и направить потоки ветра в необходимое место, объем здания приобретает более округлые формы и плавные черты.



Рис. 6. Схема третьего варианта

Четвертый вариант (Рис. 8) [3] – расположение ветроагрегатов сбоку объема дома. Здесь особенное внимание уделяется форме здания. Для того, чтобы ветрогенераторы работали в полную силу, необходимо создать для них сильные потоки ветра. Тем самым форма дома стимулирует силу движения воздуха и турбины, вырабатывая всю необходимую энергию.



Рис. 7. Пример применения третьего варианта (The Pearl River Tower, Китай, объект незавершенного строительства)



Рис. 8. Схема четвертого варианта

Пример трансформации конструкции и формы здания, способствующих концентрации и организации образующихся вихревых потоков, увеличивающих объем вырабатываемой энергии, представлен реализованным проектом также в Лондоне, спроектированным британским бюро архитектурных проектов «Vaugh Thistleton». Здание в плане представляет собой парус, который «собирает» воздушные потоки, огибающие поверхности сооружения, и с ускорением направляет их к ветровым турбинам, расположенным по всей высоте на одной грани (Рис. 9) [8].

Пятый вариант (Рис.10) (Рис.11) [3] – ветряки расположены между корпусами зданий. Данный вариант имеет множество преимуществ. Одно из них - это возможность размещения генераторов любых размеров, при этом на независимом каркасе, тем самым решая проблемы вибрации и шума. Один из минусов данных решений - это независимость форм пропеллеров по отношению к общему объему здания.



Рис. 9. Пример оформления четвертого варианта (жилой дом, Лондон, реализованный проект)

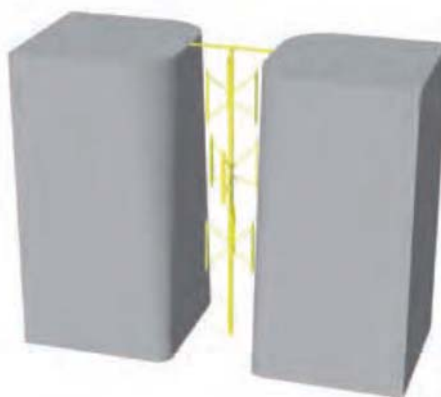


Рис. 10. Схема пятого варианта



Рис. 11. Пример оформления пятого варианта

С каждым годом популярность использования энергии ветра растет. Возможно, в будущем ветрогенератор станет неотъемлемой частью дома. Тогда форма и объем здания станут напрямую зависеть от задачи выработки энергии с помощью силы ветра. Изучая аэродинамические движения воздуха, взаимосвязи потоков и высот, архитектор сможет создавать объемы, полностью подчиненные движению воздуха. И тогда ветроэнергетику можно будет назвать как фактор формообразования современной архитектуры.

## Литература

1. Боброва Д.М. Ветровые установки в архитектуре высотных зданий // Актуальные проблемы современного строительства: 63-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых /Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. - Ч. I. - СПб., 2010. - 270с.
2. Горюнов В.С., Боброва Д.М. Ветроэнергетика как фактор формообразования современной архитектуры // Доклады 68-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – В 5 ч. - Ч. III. - СПб., 2011. - 256 с.
3. Sinisa Stankovic, dr Neil Campbell, dr Alan Harries « URBAN WIND ENERGY», First published by Earthscan in the UK and USA, 2009. - С.150.
4. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. - 224 с.
5. Ветряные мельницы до XIX века [Сетевой ресурс].- URL: <http://topneftegaz.ru/science/view/556>
6. Первое в мире здание с ветрогенератором [Сетевой ресурс].- URL: <http://xage.ru/pervoe-v-mire-zdanie-s-vetrogeneratorom/>
7. Альтернативные источники электроэнергии [Сетевой ресурс]. - URL: <http://www.ectusow.ru/main/6715-al-ternativnye-istochniki-ehlektroehnergii-11-ectusow.html>
8. Зачем зданию крылья? [Сетевой ресурс].- URL: <http://www.nt-magazine.ru/nt/node/301>

## References

1. Bobrov D.M. Actual problems of modern construction: 63-th international scientific-technical conference of young scientists of the Saint-Petersburg state architecturally-building University. P. I, St. Petersburg, 2010, 270p.
2. Goryunov V.S., Bobrov D.M. Reports of 68-th scientific conference of professors, teachers, scientific workers, engineers and postgraduate students of the University. P. III. St. Petersburg, 2011, 256 p.
3. Sinisa Stankovic, dr Neil Campbell, dr Alan Harries « URBAN WIND ENERGY», First published by Earthscan in the UK and USA, 2009, p.150.
4. Yelistratov V.V. *Ispol'zovanie vozobnovljaemoj jenergii* [The use of renewable energy]. St. Petersburg, 2008, 224 p.

5. *Vetrjanye mel'nicy do XIX veka* [Windmills to the XIX century]. Available at: <http://topneftegaz.ru/science/view/556>
6. *Pervoe v mire zdanie s vetrogeneratorom* [The world's first building with wind generator] Available at: <http://xage.ru/pervoe-v-mire-zdanie-s-vetrogeneratorom/>
7. *Al'ternativnye istochniki jelektroenergii* [Alternative sources of energy]. Available at: <http://www.ectusow.ru/main/6715-al-ternativnye-istochniki-ehlektroehnergii-11-ectusow.html>
8. *Zachem zdaniyu kryl'ja?* [Why the building of the wings?] Available at: <http://www.nt-magazine.ru/nt/node/301>

## ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

### Елистратов В.В.

Доктор технических наук, Заслуженный энергетик РФ, профессор, директор научно-образовательного центра «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе», Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: [elistratov@cef.spbstu.ru](mailto:elistratov@cef.spbstu.ru)

+7 (921) 941 83 89

### Боброва Д.М.

Аспирант, ассистент кафедры «Архитектурного и градостроительного наследия», Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, СПб, Россия.

e-mail: [pochtam@list.ru](mailto:pochtam@list.ru)

+7 (950) 025 75 00

## DATA ABOUT THE AUTHORS

### Yelistratov V.V.

Doctor of technical Sciences, Honored power engineer of the Russian Federation, Professor, Director of science-education center «Renewable energy sources», Saint-Petersburg state Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia

e-mail: [elistratov@cef.spbstu.ru](mailto:elistratov@cef.spbstu.ru)

+7 (921) 941 83 89

### Bobrov D.M.

Post-graduate student, assistant of the Department of Architectural and urban heritage», Saint-Petersburg state architecturally-building University, St. Petersburg, Russia.

e-mail: [pochtam@list.ru](mailto:pochtam@list.ru)

+7 ( 950) 025 75 00