

ПРИЁМЫ ОБЪЁМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ВЫСОТНЫХ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЭНЕРГИЮ ВЕТРА

В.М. Ключко

*Публичное акционерное общество «Украинский зональный научно-исследовательский и проектный институт по гражданскому строительству, ПАО «КиївЗНИИЭП»,
Київ, Україна*

Аннотация

В статье проанализированы возведённые энергоэффективные высотные здания, использующие энергию ветра с целью самообеспечения, а также рассмотрены концептуальные разработки, связанные с этим направлением в высотном домостроении. Обоснована необходимость возведения аналогичных зданий и выделены их преимущества по сравнению с подобными зданиями «традиционного» типа.

На основе проведенного анализа определены методы интеграции ветровых генераторов в структуру высотных зданий и предложены приёмы формирования их объёмно-пространственной структуры с целью повышения эффективности работы ветровых генераторов. Также в статье предложены модели вертикальной организации функционально-образующих элементов в зависимости от способа интеграции ветровых генераторов.

Ключевые слова: высотные полифункциональные здания, ветровые генераторы, энергия ветра, энергоэффективность

VOLUME-PLANNING METHODS FORMATION OF HIGH-RISE POLYFUNCTIONAL BUILDINGS AN ENERGY EFFICIENT THAT USE WIND POWER

V. Kliuzko

*Ukrainian Zonal Scientific and Research Design Institute of Civil Engineering,
PJSC «KyivZNIIEP», Kiev, Ukraine*

Abstract

The article analyzes the energy-efficient high-rise buildings erected using wind energy for the purpose of self-sufficiency, and discusses the conceptual development associated with this trend in high-rise housing construction. The necessity of the construction of similar buildings and highlighted their advantages compared to similar buildings 'traditional' type.

Based on the analysis of certain methods of integration of wind power into the structure of high-rise buildings and proposed methods of forming their three-dimensional spatial structure in order to improve the efficiency of wind generators. The article also proposed the model of vertical organization of functionally-forming elements depending on the method of integration of wind generators.

Keywords: multifunctional high-rise buildings, wind generators, wind energy, energy efficiency

Одной из современных, фундаментальных проблем, стоящих перед человечеством, является энергетическая проблема. В связи с постепенным исчерпанием энергоресурсов основных энергоносителей, во многих странах мира проводят исследования с целью увеличения использования альтернативных энергоносителей. По данным Международного энергетического агентства, в ближайшие пять лет (2014 – 2019 гг.) часть возобновляемых источников энергии будет составлять 40% от всех потребляемых энергоресурсов [1].

В Украине исследованиями проблем возобновляемой энергетики занимается Институт возобновляемой энергетики НАНУ, Межотраслевой научно-технический центр и ряд других научно-исследовательских учреждений и частных предприятий. По оценкам исследователей [2] общий экономически-целесообразный потенциал возобновляемых и нетрадиционных источников в Украине составляет, приблизительно, 454,4 млрд. кВт/ч. По состоянию на 2012 год возобновляемые источники энергии составляли всего 2% от энергопотребления в стране.¹ В 2010 году Украина присоединилась к Европейскому энергетическому сообществу и взяла на себя обязательства до 2020 года производить 11% электроэнергии из возобновляемых источников энергии.²

Среди всех альтернативных источников энергии, которые используются в строительстве высотных зданий, ветроэнергетика занимает ведущее место. В сравнении с эффективностью работы солнечных батарей, ветровые генераторы превосходят их по следующим показателям:

- стоимость 1 Вт электроэнергии, произведённой ветрогенератором, в среднем, в три раза ниже, чем произведённой солнечной установкой такой же мощности;
- ветер, в отличие от солнечного света, действует круглосуточно, круглый год и не зависимо от погодных условий;
- в дождевую и пасмурную погоду солнечные установки теряют свою мощность в пятикратном размере;
- коэффициент полезного действия солнечных установок уменьшается с каждым годом эксплуатации на 5%.

Украина обладает достаточно высоким климатическим потенциалом ветровой энергии, который обеспечивает продуктивную работу не только автономных узлов питания, но и мощных электростанций. Согласно данным «Global wind energy council», приблизительно 40% территорий Украины пригодны к генерации энергии из ветра.

Как показывает опыт возведения «ветроэнергоактивных» высотных зданий, для эффективной работы ветровых генераторов в структуре этих объектов, скорость ветрового потока должна достигать 3-5 м/с. Основываясь на показатели средней скорости ветра, карты ветрового районирования Украины,³ климатические характеристики крупнейших городов Украины, возможно просчитать целесообразность и эффективность размещения высотных зданий с интегрированными в них ветровыми генераторами. В частности, в Днепропетровске и Донецке средняя скорость ветра составляет 5,1-6,0 м/с; в Одессе, Харькове – 4,1-5,0 м/с; в Киеве, Запорожье, Луганске – 3,1-4,0 м/с.

Начиная с середины XX столетия, мировыми специалистами разрабатываются научные и методологические основы проектирования и строительства зданий, с целью улучшения

¹ Возобновляемая энергетика: экологично, но дорого [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://osp-ua.info/ekonomika/4955-vidnovluvalna-energetika-ekologichno-ale-dorogo.html>

² Возобновляемая энергетика: перспективы Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.radiosvoboda.org/content/article/25044801.html>

³ ДСТУ-НБ В.1.1-27:2010 Строительная климатология. – К.: Минрегионстрой Украины, 2011. – 123 с.

среды пребывания человека. Энергопотребление зданий выделено основным критерием оценки качества проекта, учитывая что «традиционные» здания обладают большими резервами повышения тепловой эффективности. В первую очередь основное внимание уделяется мероприятиям сохранения энергии. Здания получают статус энергоэффективных. Под энергетической эффективностью понимают способность здания и его инженерных сетей обеспечивать заданный уровень расходов тепловой энергии для поддержания оптимальных параметров внутреннего микроклимата в помещениях [3]. Оптимальные параметры внутреннего микроклимата представляют собой сочетание показателей, которые при длительном и систематическом влиянии обеспечивают нормальное тепловое состояние организма человека, находящегося в помещении.

В начале XXI века наряду с активными разработками концептуальных проектов высотного энергоэффективного строительства, возводятся первые высотные здания с интегрированными ветровыми турбинами, которые способны в большей или меньшей степени удовлетворить собственные потребности энергопотребления.

На протяжении 2004 – 2008 годов в г. Манама (Бахрейн) возводятся высотные здания-близнецы Всемирного торгового центра Бахрейна «Bahrain World Trade Center» (Рис. 1). Проект представляет собой 240-метровый (50-этажный) комплекс из двух башен, объединённых тремя воздушными мостами, с закреплёнными на них ветровыми генераторами, суммарной мощностью 675 кВт. Каждая из ветровых турбин имеет диаметр 29 м и ориентирована на север, в сторону преобладающего ветра. Объёмно-пространственная структура зданий сформирована таким образом, чтобы усиливать, ускорять и направлять ветер, проходящий между ними, к лопастям ветровых турбин.

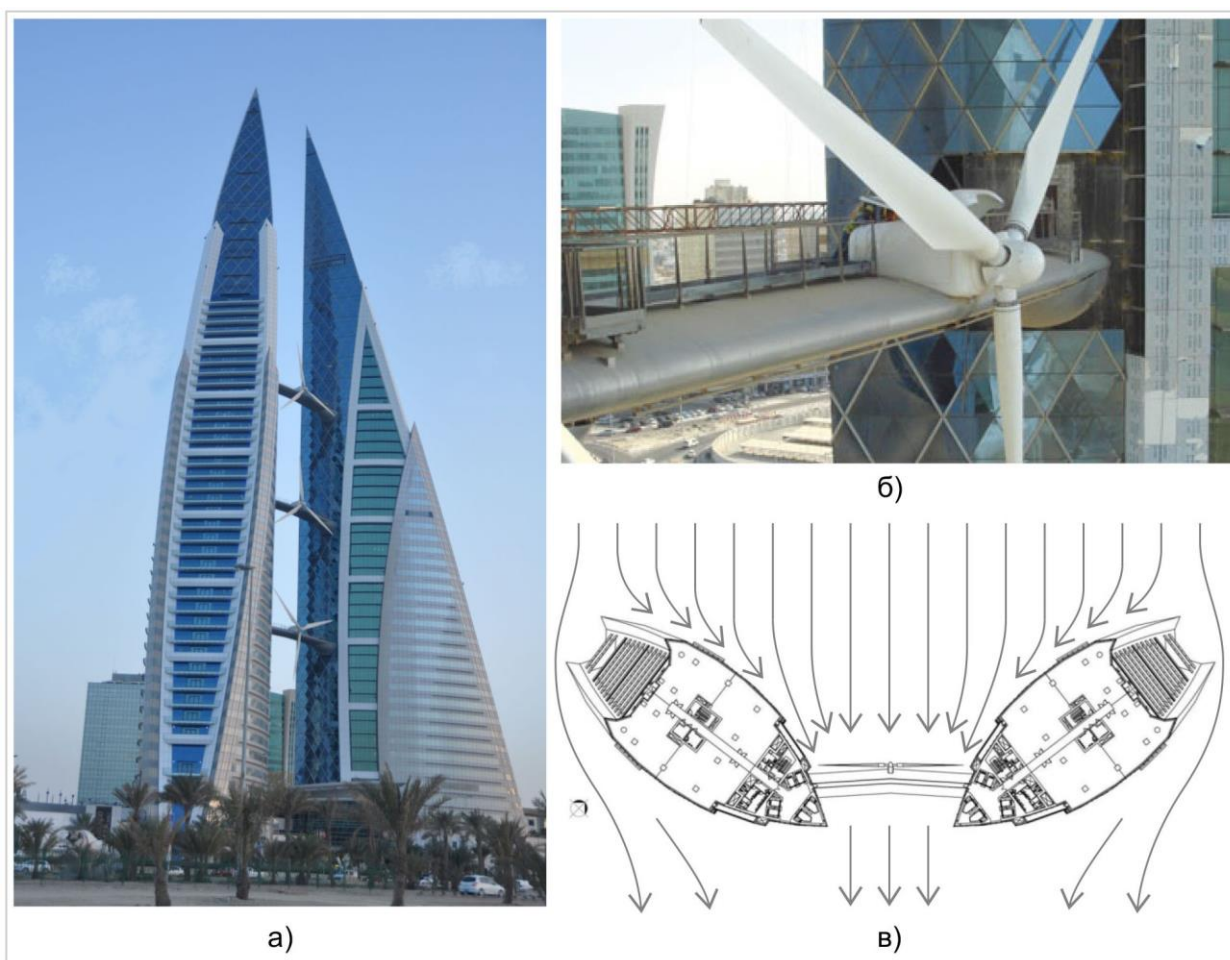


Рис. 1. Здание Всемирного торгового центра Бахрейна «Bahrain World Trade Center» в г. Манама (Бахрейн): а) общий вид здания; б) фрагмент размещения ветровой турбины; в) схема взаимодействия здания с ветровым потоком

Эффективное использование туннеля между башнями, образующего S-образный поток, было подтверждено тестами, показывающими, что любой ветер, приходящий под углом в 45° к каждой стороне центральной оси, будет создавать ветровой поток, перпендикулярный к турбинам, что увеличивает их потенциальные возможности по выработке электроэнергии.⁴ Ветровые турбины рассчитаны на производство 11 – 15% энергии, необходимой башням, или приблизительно 1,1 – 1,3 ГВт/ч электроэнергии в год.

В 2007 – 2010 годах в Лондоне (Великобритания) возведён 148-метровый, энергоэффективный жилой многоквартирный дом «Strata SE1» (Рис. 2). Архитекторами этого здания выступила проектная компания «BFLS», инженерные работы выполнили специалисты компании «WSP Group». 43-этажное здание завершается тремя 9-метровыми турбинами, которые интегрированы в вогнутую наклонную плоскость «усечённой» кровли. Каждая ветровая турбина рассчитана на 19 кВт, и способна производить в среднем 50 МВт электроэнергии в год, что является достаточным количеством для обеспечения 8% энергетической потребности здания. Здание является первым в мировой практике случаем, когда ветровые турбины интегрированы непосредственно в структуру жилого здания. Эта уникальная, впечатляющего вида жилая высотка, безусловно, раздвинула границы понятий экологически устойчивого дизайна и инновационного строительства.⁵

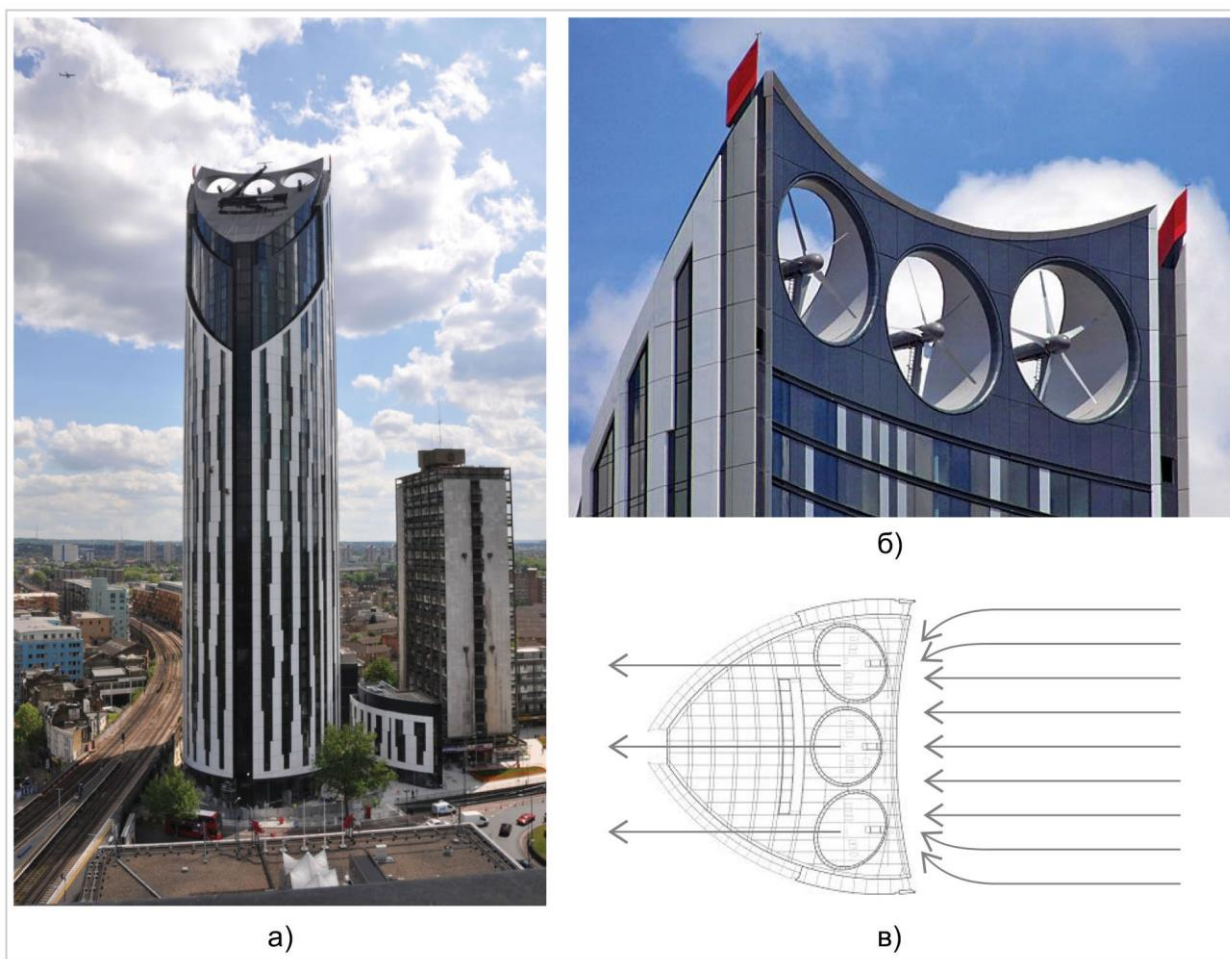


Рис. 2. Жилой многоквартирный дом «Strata SE1» в г. Лондоне (Великобритания): а) общий вид здания; б) фрагмент фасада; в) схема взаимодействия здания с ветровым потоком

⁴ Bahrain World Trade Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Bahrain_World_Trade_Center

⁵ Strata SE1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Strata_SE1

В 2011 году в г. Гуанчжоу (Китай) завершено строительство 310-метрового общественного здания «Pearl River Tower» (Рис. 3). Ведущий архитектор проекта – Гордон Джилл (Gordon Gill) отмечает, что здание является высокоэффективным инструментом, сформированным ветром. В 2008 году, согласно представленному докладу на заседании Совета по Высотным Зданиям и Городской среде сообщалось, что внедрённые инженерно-технические решения и объёмно-планировочные приёмы способствуют снижению использования зданием энергии на 58% по сравнению с аналогичными традиционными зданиями.⁶

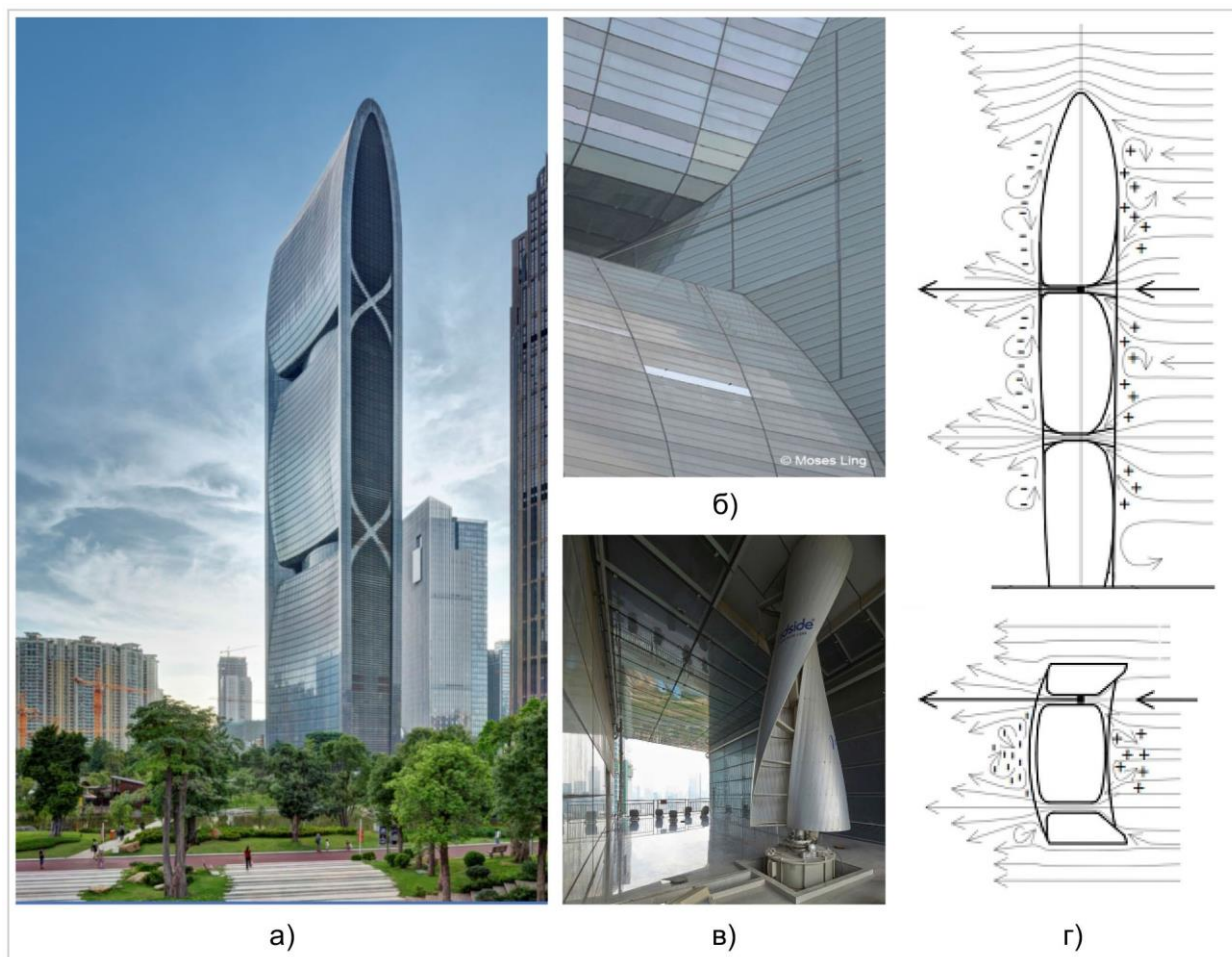


Рис. 3. Высотное общественное здание «Pearl River Tower» в г. Гуанчжоу (Китай): а) общий вид здания; б) фрагмент фасада; в) размещение ветровых генераторов; г) схема взаимодействия здания с ветровым потоком.

Необычный облик здания определяется выбранным способом размещения ветровых турбин. На уровне первой и второй трети здания расположены технические этажи, в которых устроены сквозные горизонтальные каналы. Внутри каждого такого канала размещены ветровые турбины вертикального типа, благодаря чему, разработчиками достигнута наивысшая степень эффективности: коэффициент полезного действия интегрированных ветровых генераторов превышает коэффициент полезного действия автономных ветровых генераторов в 15-кратном размере. К тому же, скорость поступающего в технические каналы ветра в 2,5 раза усиливается за счёт объёмно-планировочных особенностей здания: высотный объём выполнен в форме гигантской вертикальной волны и имеет плавные закругления перед каждым входом в технический канал. Благодаря этому потоки воздуха направляются к ветровым генераторам с большей

⁶ Pearl River Tower [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Pearl_River_Tower

силой, способствуют наращиванию вращения лопастей турбин и потенцируя генерацию энергии. Следует отметить, что наличие технических отверстий, также, способствует уменьшению ветровой нагрузки на здание, которую неизбежно испытывают все небоскрёбы.

В начале XXI столетия появляется большое количество концептуальных разработок зданий, использующих энергию ветра. Среди них можно выделить следующие проекты: «Burj al-Taqa» в г. Дубай (ОАЭ); «Pertamina Energy Tower» в г. Джакарта (Индонезия); «Clean Technology Tower» в г. Чикаго (США).

Среди технических разработок, направленных на достижение экологического рационализма зданий и их энергосбережения можно выделить труд британского учёного Августина Отегуи (Agustin Otegui). Им изобретена инновационная технология, которая способна обеспечивать энергией как новые, так и функционирующие здания и сооружения. Его разработка «нано-оболочек» из компактных ветровых микротурбин для зданий – «Nano Vent-Skin», открывает новые возможности в сфере энергообеспечения и защиты окружающей среды (Рис. 4).

Среди прочего, в основе технологии – возможность производить электроэнергию, используя энергию ветра. «Nano Vent-Skin» представляет собой оболочку из ветровых микротурбин, длиной 25 мм и диаметром 10,8 мм, которые генерируют энергию из ветра и солнечного света. В основе оболочки – сетка с прямоугольными ячейками, размером в несколько сантиметров, которая состоит из нанопроводов, исполняющих функцию передачи энергии и выступает в качестве осей ветровых микротурбин. Внешняя поверхность каждой микротурбины, также, покрыта фотоэлектрической плёнкой на основе органики, а внутренняя – функционирует в качестве фильтра, который при попадании ветра поглощает углекислый газ. Структура оболочки разграничена на отдельные блоки, в углах которых размещаются «энергоблоки», исполняющие функции контроля работы всех турбин, получения и сбережения изготовленной турбинами энергии.⁷

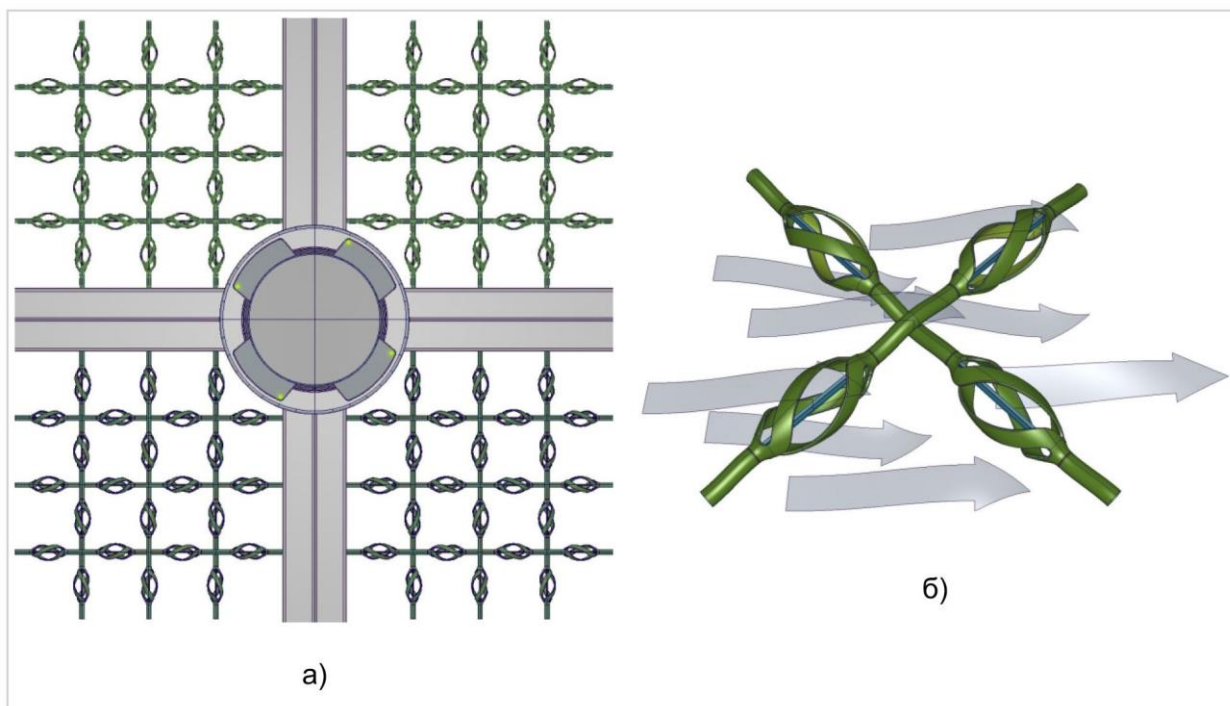


Рис. 4. «Нано-оболочка» из компактных ветровых микротурбин для зданий – «Nano Vent-Skin»: а) фрагмент «нано-оболочки»; б) принцип действия микротурбин

⁷ Nano Vent-Skin [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nanoventskin.blogspot.com/>

Анализируя проектные решения возведенных и запроектированных энергоэффективных высотных зданий, которые используют энергию ветра с целью самообеспечения электроэнергией, можно выделить четыре метода размещения ветровых генераторов в их объёмно-планировочной структуре (Рис. 5):

- размещение на крыше высотного здания, в качестве композиционного завершения;
- размещение в верхней части высотного здания;
- сквозная интеграция в объёмно-планировочную структуру высотного здания;
- размещение между спаренными высотными зданиями.

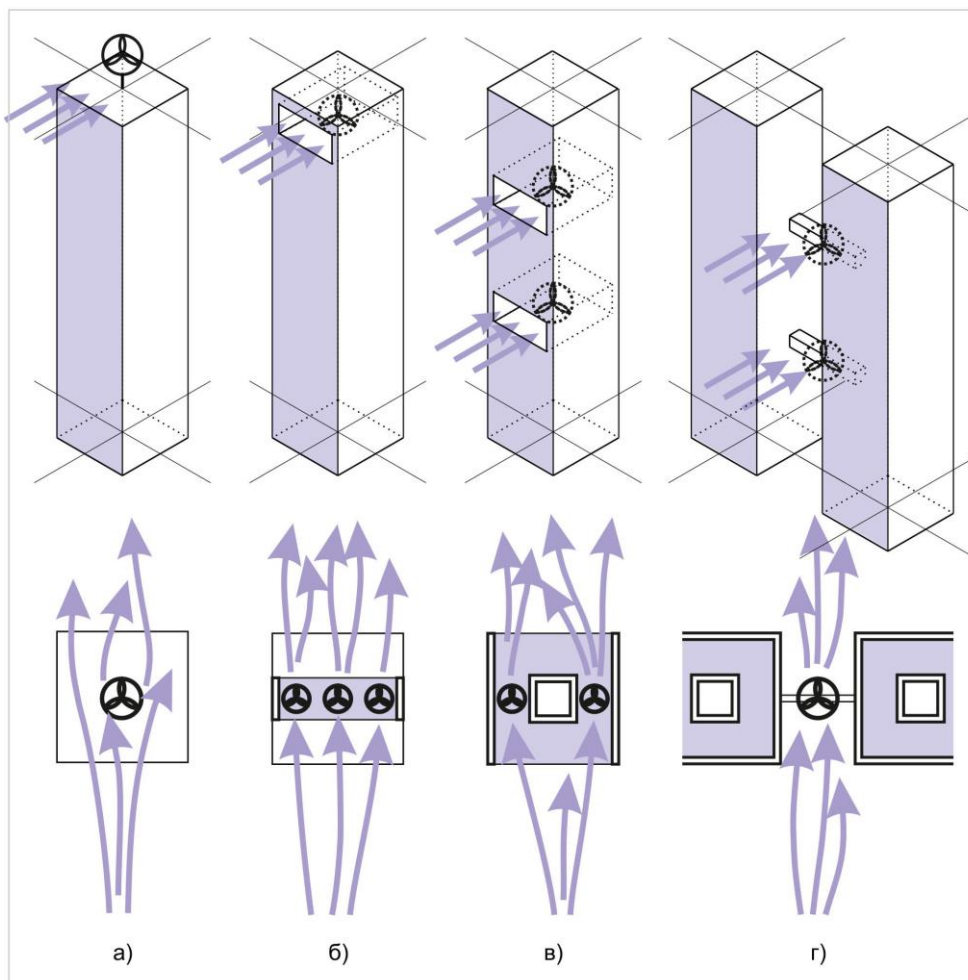


Рис. 5. Методы размещения ветровых генераторов в объёмно-планировочной структуре высотных зданий: а) размещение на крыше высотного здания; б) размещение в верхней части высотного здания; в) сквозная интеграция в объёмно-планировочную структуру высотного здания; г) размещение между спаренными высотными зданиями

Экономическая целесообразность использования ветровых генераторов в структуре высотных зданий определяется количеством и скоростью поступления к ним ветрового потока. Исходя из этого, можно отметить, что при формировании объёмно-пространственных решений высотных зданий, в частности поверхностей их внешних оболочек, необходимо предусматривать такие формообразующие мероприятия, которые смогут обеспечивать необходимый вектор движения, усиливать и ускорять поступающий к ветровым турбинам ветровой поток.

На основе анализа проектных решений рассмотренных объектов, можно определить основные архитектурные приёмы формирования объёмно-пространственной структуры зданий, с целью повышения эффективности работы размещенных в них ветровых генераторов (Рис. 6):

- использование разнопропорциональных форм (контуров) планов зданий, в которых размер одной из сторон значительно преобладает над размером другой: прямоугольных, дугообразных, треугольных, эллиптических, линзоподобных и их геометрических трансформаций;
- использование парусных форм вертикального объёма: пластин, треугольных призм, и прочих;
- формирование пластической поверхности внешней оболочки наветренного фасада с целью направления ветрового потока к ветровым генераторам, его усилению и ускорению.

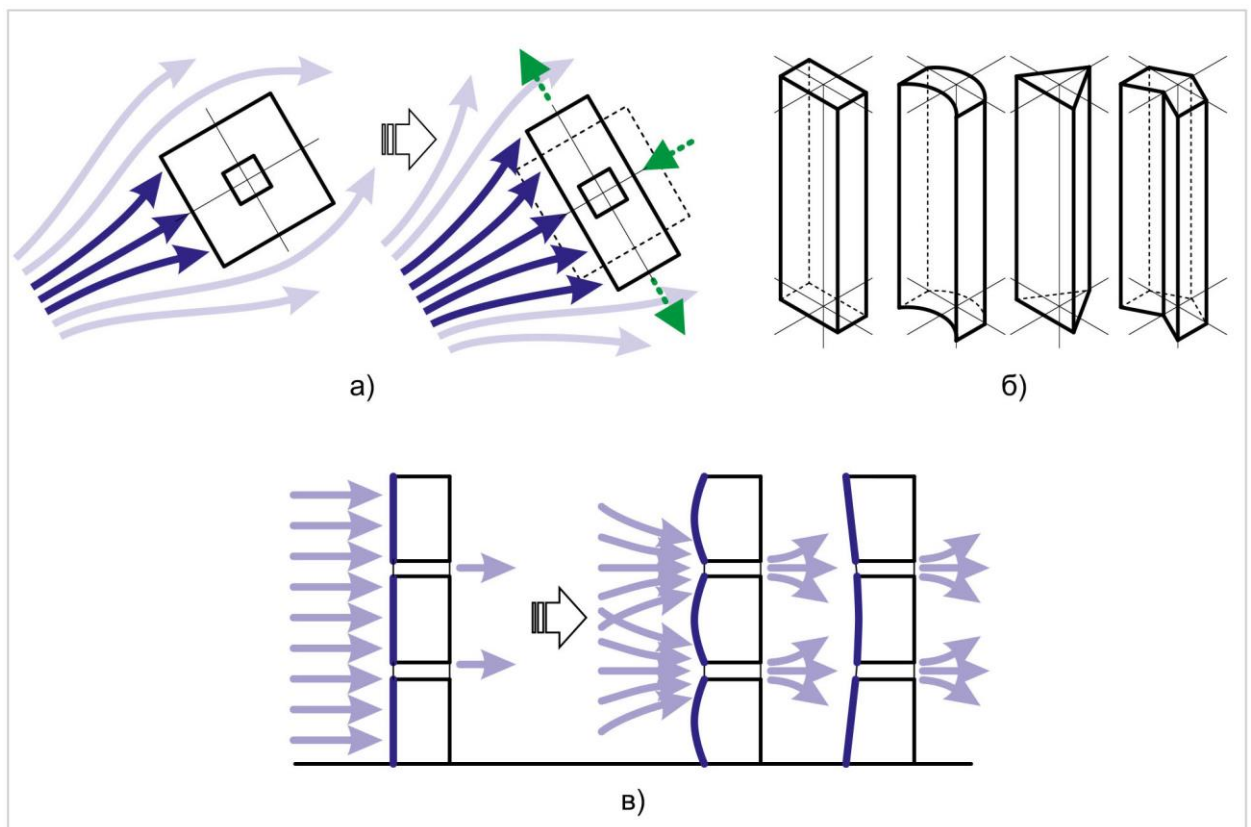


Рис. 6. Архитектурные приёмы формирования внешней оболочки высотного здания с целью повышения эффективности работы встроенных ветровых генераторов

Значительным аспектом, определяющим эффективность работы встроенных ветровых генераторов, является выбор территории размещения и ориентации высотного объекта относительно преобладающего направления ветра. Благодаря своему размещению, высотное здание должно «улавливать» максимальное количество потоков ветра (Рис. 7).

Улучшить показатели энергоэффективности высотного объекта можно за счёт правильного выбора типа используемого ветрового генератора. Основным, значимым для данного исследования отличием разных типов ветрогенераторов является размещение их оси вращения относительно поверхности земли, они могут быть вертикального и горизонтального типа.

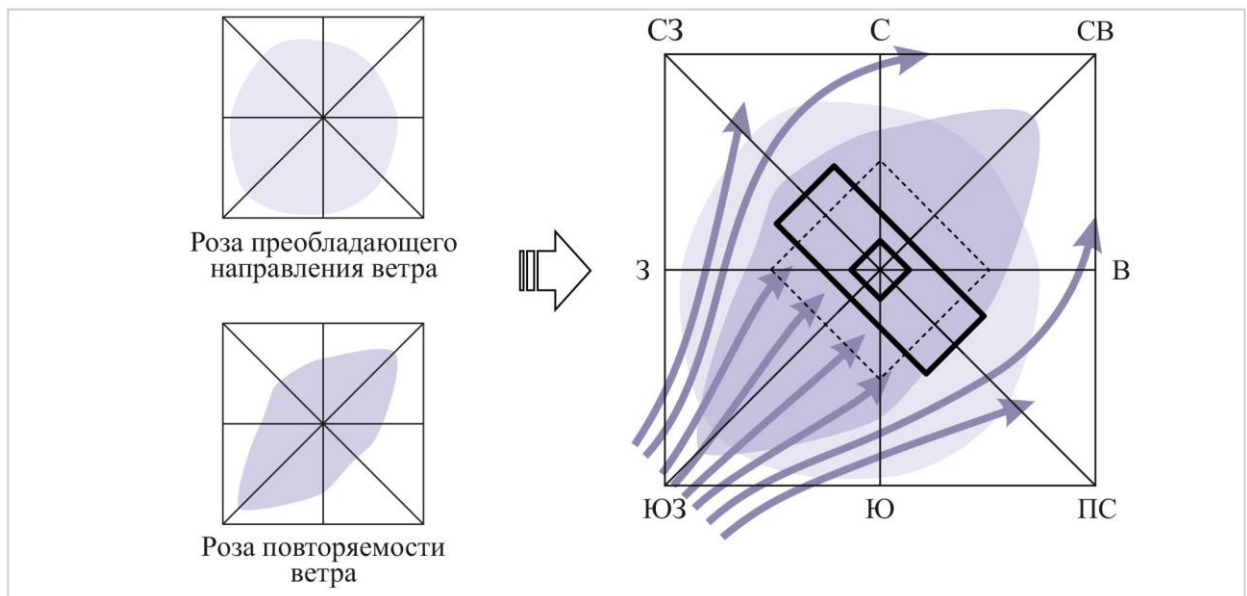


Рис. 7. Выбор ориентации высотного здания с целью повышения эффективности работы встроенных ветровых генераторов

Выбор типа ветрового генератора должен определяться в зависимости от его прогнозированной мощности, климатических характеристик территории застройки и с учётом объёмно-пространственной структуры проектируемого высотного здания. Ветровые генераторы вертикального типа характеризуются постоянной интенсивностью вращения лопастей, которая практически не зависит от направления и интенсивности ветрового потока. Среди преимуществ использования ветрогенераторов вертикального типа можно выделить: отсутствие вибраций и шума, безопасность для птиц, декоративность, лёгкость технического обслуживания, большой срок эксплуатации. Основным недостатком этого вида ветрогенераторов является низкий уровень использования энергии ветра, как свидетельствуют расчёты – всего 30% энергии ветра.

Ветровые генераторы горизонтального типа характеризуются высоким уровнем коэффициента полезного действия. Недостатком использования горизонтальных ветрогенераторов является необходимость определения преобладающего направления ветра на начальных (предварительных) этапах проектирования.

Нужно отметить, что в случае интеграции ветровых генераторов в структуру высотного полифункционального здания, его архитектурно-планировочная организация должна учитывать особенности расположения функциональных элементов, которые связаны с существующими в таких зданиях технологическими процессами ветрогенерации.

На основе анализа функционального зонирования возведённых высотных зданий, учитывая санитарно-гигиенические требования касательно шумового и вибрационного режима помещений,⁸ можно рекомендовать следующие модели вертикальной организации энергоэффективных высотных полифункциональных зданий, использующих энергию ветра (Рис. 8).

1. В случае размещения ветровых генераторов на крыше, или в верхней части высотного здания, основные функционально-образующие элементы следует располагать следующим образом:

⁸ ДСН 3.3.6.037-99 Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука. – К. : Минрегионстрой Украины, 1999. – 32 с.

- в вертикальной зоне, примыкающей к крыше здания, организация технических этажей для размещения и обслуживания ветровых генераторов;
- размещение в верхней части высотного объёма зданий помещений общественно-потребительского назначения с незначительным потоком посетителей и рекреационных зон: ресторанов, кафе, баров, выставочных залов (музеев), художественных галерей, фитнес-центров, бассейнов, зимних садов (зон отдыха), смотровых площадок;
- размещение в зоне основного высотного объёма зданий помещений общественно-делового и жилого назначения: помещений административных учреждений, помещений учреждений информации и проектирования, помещений кредитно-финансовых учреждений, помещения общественных организаций, помещения отелей, апартаментов и квартир;
- размещение в нижней (приземной) зоне зданий помещений общественно-потребительского назначения со значительным потоком посетителей: ресторанов, кафе, баров, торгово-развлекательных центров
- организация необходимого количества вестибюльных групп в соответствии с нормативными требованиями для каждого имеющегося функционально-планировочного элемента;
- размещение в подземной части здания гаражей для временного хранения автомобилей работающих, посетителей и проживающих.

2. В случае сквозной интеграции ветровых генераторов в объёмно-пространственную структуру высотного здания или размещении их между спаренными высотными зданиями, функционально-образующие элементы следует располагать следующим образом:

- размещение в верхней части высотного объёма здания помещений жилого назначения: отелей, апартаментов, квартир;
- размещение в верхней части высотного объёма зданий помещений общественно-потребительского назначения с незначительным потоком посетителей и рекреационных зон: ресторанов, кафе, баров, выставочных залов (музеев), художественных галерей, фитнес-центров, бассейнов, зимних садов (зон отдыха), смотровых площадок;
- организация технических этажей для размещения и обслуживания ветровых генераторов;
- размещение в верхней части высотного объёма зданий помещений общественно-потребительского назначения с незначительным потоком посетителей и рекреационных зон: ресторанов, кафе, баров, выставочных залов (музеев), художественных галерей, фитнес-центров, бассейнов, зимних садов (зон отдыха), смотровых площадок;
- размещение в зоне основного высотного объёма зданий помещений жилого назначения: помещения отелей, апартаментов и квартир;
- размещение в нижней (приземной) зоне зданий помещений общественно-потребительского назначения со значительным потоком посетителей: ресторанов, кафе, баров, торгово-развлекательных центров
- организация необходимого количества вестибюльных групп в соответствии с нормативными требованиями для каждого имеющегося функционально-планировочного элемента;

- размещение в подземной части здания гаражей для временного хранения автомобилей работающих, посетителей и проживающих.

В случае использования оболочек из ветровых микротурбин, размещение функционально-образующих элементов не регламентируется, поскольку их шумовой и вибрационный режим не ощутим.

На примере построенных моделей функционально-планировочной организации энергоэффективных высотных зданий, использующих энергию ветра, можно выделить закономерности функционального зонирования высотных зданий по вертикали, которые могут носить рекомендательный характер при разработке подобных объектов:

- помещения технического назначения для расположения и обслуживания ветровых генераторов должны быть изолированы от помещений общественно делового, и особенно, жилого назначения, методом включения «буферных вертикальных зон» состоящих из помещений общественно-потребительского назначения;
- помещения общественно-потребительского назначения, размещаемые в высотной зоне вертикального объёма здания, должны быть изолированными (обслуживать только работников и жильцов здания), или предполагать незначительный поток посетителей.

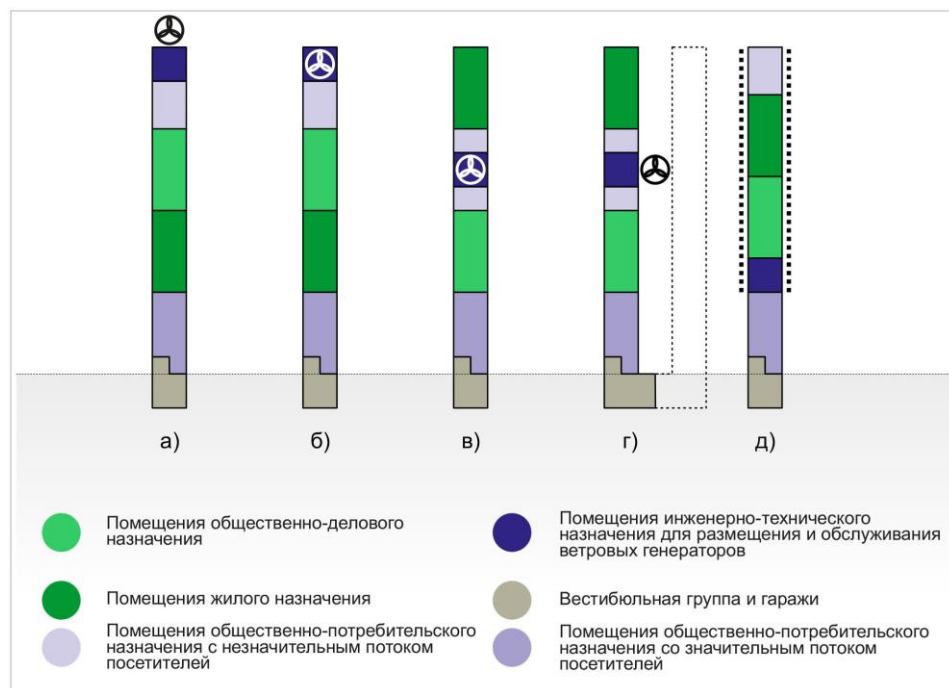


Рис. 8. Модели вертикальной организации энергоэффективных высотных полифункциональных зданий, использующих энергию ветра: а) в случае размещения ветровых генераторов на крыше высотного здания; б) в случае размещения ветровых генераторов в верхней части высотного здания; в) в случае сквозной интеграции ветровых генераторов в объёмно-планировочную структуру высотного здания; г) в случае размещения ветровых генераторов между спаренными высотными зданиями; д) в случае организации наружных оболочек из ветровых микротурбин

Энергоэффективные высотные полифункциональные здания, использующие энергию ветра, обладают неоспоримыми преимуществами в сравнении с «традиционными» высотными зданиями, которые заключаются в повышении имиджевой значимости объекта, частичном энергообеспечении, разгрузке инженерных сетей, и ряде других. Необходимо также отметить, что интеграция ветровых генераторов в структуру высотных зданий приводит к удорожанию их возведения и эксплуатации. Это вызвано, с одной

стороны, стоимостью самого инженерно-технического оборудования и стоимостью его эксплуатации, с другой – необходимостью дополнительных мероприятий по изоляции технических помещений, что связано с вибрационным и шумовым режимом работы ветровых генераторов

Благодаря предложенным в статье приемам и рекомендациям формирования объемно-планировочной структуры, выбора ориентации и функционального наполнения энергоэффективных высотных зданий, использующих энергию ветра, проектировщик сможет получить оптимальные проектные решения на начальных этапах выполнения проектных работ подобных объектов.

Литература

1. Голицын, М. В. Альтернативные энергоносители / М.В. Голицын, А.М. Голицын, Н.В. Пронина. – М. : Наука, 2004. – 159 с.
2. Мхитарян, Н. М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы / Н.М. Мхитарян. – К. : Наукова думка, 1999. – 320 с.
3. Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
4. Цайдлер, Б. Многофункциональная архитектура / Б. Цайдлер; пер. с англ. А. Ю. Бочарова; под ред. И. Р. Федосеевой. – М. : Стройиздат, 1988. – 152 с.
5. Полуй, Б. М. Архитектура и градостроительство в суровом климате (экологические аспекты): учебное пособие / Б.М. Полуй. – Л. : Стройиздат, 1989. – 300 с.
6. Беляев, В. С. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий: учебное пособие / В. С. Беляев, Л. П. Хохлова. – М. : Высш. шк., 1991. – 255 с.
7. Харитонов, В. П. Автономные ветроэлектрические установки / В. П. Харитонов. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.
8. Симиу, Э. Воздействие ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан; пер. с англ. Б. Е. Маслова, А. В. Швецова; под ред. Б. Е. Маслова. – М. : Стройиздат, 1984. – 360 с.
9. Аронин, Д. Э. Климат и архитектура. – М. : Госстройиздат, 1959. – 252 с.
10. Полторац, Г. И. Проблемы архитектурной экологии / Г. И. Полторац. – М. : Знание, 1985. – 64 с.

References

1. Golitsyin M.V. *Alternativnyie energonositeli* [Alternative energy carriers]. Moscow, 2004, 159 p.
2. Mhitaryan N.M. *Energetika netraditsionnyih i vozobnovlyaemyih istochnikov. Opyit i perspektivy* [Alternative and renewable energy sources. Experience and Prospects]. Kyiv, 1999, 320 p.

3. Tabunschikov Y.A. *Energoeffektivnyie zdaniya* [Energy-efficient buildings]. Moscow, 2003, 200 p.
4. Tsaydler B. *Mnogofunktsionalnaya arhitektura* [Multifunctional architecture]. Moscow, 1988, 152 p.
5. Poluy B. M. *Arhitektura i gradostroitelstvo v surovom klimate (ekologicheskie aspektyi)* [Architecture and urban planning in the harsh climate (environmental aspects)]. Leningrad, 1989, 300 p.
6. Belyaev V. S. *Proektirovanie energoekonomichnyih i energoaktivnyih grazhdanskih zdaniy* [Designing energy-efficient and energy-active civil buildings]. Moscow, 1991, 255 p.
7. Haritonov V. P. *Avtonomnyie vetroelektricheskie ustanovki* [The autonomous wind power installation]. Moscow, 2006, 280 p.
8. Simiu E. *Vozdeystvie vetra na zdaniya i sooruzheniya* [Wind effects on buildings and structures]. Moscow, 1984, 360 p.
9. Aronin D. E. *Klimat i arhitektura* [Climate and Architecture]. Moscow, 1959, 252 p.
10. Poltorak G. I. *Problemyi arhitekturnoy ekologii* [Architectural problems of ecology]. Moscow, 1985, 64 p.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Клюзко Виктория Михайловна

Аспирантка ПАО «Украинский зональный научно-исследовательский и проектный институт по гражданскому строительству, ПАО «КиевЗНИИЭП», Киев, Украина
e-mail: kliuzko.viktoriia@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHOR

Kliuzko Viktoriia

Postgraduate student of Ukrainian Zonal Scientific and Research Design Institute of Civil Engineering, PJSC «KyivZNIIEP», Kiev, Ukraine
e-mail: kliuzko.viktoriia@gmail.com