

УДК 721.011(476)(212.4)004.183

ВЕТРОГЕЛИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА И МАЛОЭТАЖНОЕ ЗДАНИЕ КАК ЦЕЛОСТНЫЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ И ДИЗАЙНЕРСКИЙ ОБЪЕКТ

Д.Д. Жуков, М.Ю. Муркина

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь
e-mail: d.zhukau@psu.by, 20diz.murkina.m@pdu.by

В статье рассматриваются в концептуальном, учебно-методическом и техническом ракурсе вращающиеся малоэтажные здания (ветроздания), оснащенные ветроустановкой и панелями из солнечных коллекторов. Предложено, в частности, выполнять их научно-проектные разработки в рамках бумажной архитектуры и дизайна совместно преподавателям и студентам. Если в основу таких разработок положено запатентованное инженерами техническое решение, то сначала следует преобразовать патентную информацию в наглядные изобразительно-текстовые схемы. В статье показаны и описаны их упрощенные варианты.

Ключевые слова: *вращающееся ветроздание, ветроэнергетическая установка, солнечный коллектор, бумажная архитектура и дизайн, изобразительно-текстовая схема*

WIND-SOLAR POWER INSTALLATION AND LOW-RISE BUILDING AS AN HOLISTIC ARCHITECTURAL AND DESIGN OBJECT

D. Zhukau, M. Murkina

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus
e-mail: d.zhukau@psu.by, 20diz.murkina.m@pdu.by

The article deals with revolving low-rise buildings (wind buildings) in the conceptual, educational-methodological and technical aspect. They are equipped with a wind turbine and solar collectors. It is proposed, in particular, to carry out relevant scientific and design developments within the framework of paper architecture and design jointly by teachers and students. If such developments are based on a patented technical solution, then at first the patent information should be converted into graphic and text schemes. The article shows and describes their simplified versions.

Keywords: *revolving wind building, wind turbine, solar collector, paper architecture and design, graphic and text scheme*

Введение. Наряду с большой ветроэнергетикой, отличающейся ветроэнергетическими установками (далее – ветроустановка) мегаваттного класса и ветропарками, также существует и развивается малая. Мощности ее единичных генерирующих устройств составляют ориентировочно от 500 Вт до 100 кВт. В 2017 г. увидел свет отчет Всемирной ветроэнергетической ассоциации (WWEA) о такой энергетике (Small Wind World Report). В нем указано, что на исходе 2015 г. в мире насчитывалось порядка 1 млн единиц установленных и зарегистрированных ветроустановок малой мощности. При этом их общая номинальная мощность равнялась примерно 0,95 ГВт (увеличение на 14 % против 2014 г.). Возможно, в настоящее время это число превысило 2 ГВт. К маломощным ветроустановкам относятся и те, которые тем или иным образом объединяют с малоэтажными зданиями, расположенными, например, в высокоплотной городской застройке или ценной природной среде.

Именно такие ветроздания, т. е. здания вместе с составляющей с ними единое целое ветроустановкой и гелиосистемой, которые способны полностью или в значительной степени обеспечивать свои энергетические потребности за счет ветра и солнечной радиации, и рассматриваются в данной статье. Притом рассматриваются в трех ракурсах: концептуальном, учебно-методическом и техническом.

Основная часть. В целом, развитие малой ветроэнергетики сдерживается по причине ее невысокой эффективности по сравнению с большой и точечной, а не в виде ветропарков размещения отдельных ветроустановок. Что касается ветрозданий, опыт их строительства пока невелик и не всегда положителен. Особенно это касается небольших объектов со сравнительно мощными и поэтому большими ветроустановками (рисунок 1).



Рисунок 1. –Здания с нулевым энергопотреблением, оснащенные ветроэнергетическими установками eddyGT (номинальная мощность 1 кВт, диаметр ветроротора 1,8 м) в штате Иллинойс, США

Специалисты-скептики, в частности, утверждают [1]:

- ветроустановки зданий не способны обеспечить приемлемый объем выработки электроэнергии, т. к. их мощность и габариты ограничены несущей способностью и габаритами зданий;
- все ветроустановки издадут шум и вибрируют, что хуже всего сказывается на состоянии людей в зданиях со стальным каркасом;
- приспособление ветроустановок к зданиям вводит в экономически неоправданные расходы из-за применения непривычного оборудования и компенсации специфических нагрузок;
- ветроустановки невысоких зданий работают при значительной турбулентности ветрового потока, снижающего их эффективность.

Упомянутые и другие проблемы, как свидетельствуют тенденции развития архитектуры, техники и дизайна, рано или поздно разрешатся, по крайней мере в основном. Но это случится тем скорее, чем интенсивнее пойдет их осмысление разными людьми на различных уровнях. И в этом деле помимо прочего весьма важны работы в области концептуальной или, точнее, бумажной архитектуры и дизайна, в т. ч. выполняемые студентами – дизайнерами предметно-пространственной среды совместно с преподавателями в рамках, например, соответствующих научно-проектных исследований. Прилагательное «бумажный» указывает здесь на проекты, ко-

торые пока невозможно осуществить ввиду их, как в нашем случае, избыточной технической и технологической сложности, недостаточной экономичности и комфортности, в т. ч. визуальной.

В упрощенном виде «бумажность» в архитектуре и дизайне, которые идут рука об руку при обучении будущих дизайнеров предметно-пространственной среды, стоит использовать и в режиме штатного учебного процесса. С тем чтобы у студентов напрямую вырабатывались навыки разработки новаторских дизайн-проектов. Подчеркнем, что именно такие проекты в особой цене у архитекторов и дизайнеров. Очевидно, концептуальный и учебно-методический ракурс, о которых рассказано в двух предыдущих абзацах, тесно связаны с техническим. С него, собственно, и может начинаться разработка бумажного новаторского дизайн-проекта – когда в его основу положено запатентованное техническое решение.

В нашем случае название такого решения – «Ветрогелиоэнергетическая установка» [2]. Согласно описанию изобретения к патенту, установка включает в свой состав и привычное здание. Эта симбиотическая пара, состоящая из ветрогелиоэнергетической установки и вычлененных из нее помещений для пребывания людей, рассматривается (в трех ракурсах) как целостный архитектурный и дизайнерский объект, который можно называть ветрозданием.

Отметим: целостный не значит цельный. Соответствующее существительное «целостность» трактуется здесь как фундаментальная категория архитектуры и дизайна (промышленного и предметно-пространственной среды) как видов пространственного архитектурного искусства. Главное отличие целостного объекта как произведения искусства от просто утилитарной совокупности какого-то количества элементов в том, что он существует не иначе как нерушимое художественное единство своих элементов [3].

Чтобы запроектировать целостный объект на основе запатентованного инженерами технического решения, следует прежде всего преобразовать сложную для восприятия патентную информацию (рисунок 2) в наглядные схемы (для начала упрощенные) функционального, объемно-пространственного и планировочного решения объекта с соответствующими пояснениями и комментариями. Иными словами, создать силами как инженерной, так и дизайнерской стороны процесса разработки новаторского объекта ту проектную канву, которая позволит обеим сторонам бесконфликтно видеть в нем главное, без чего он теряет свой смысл. Очевидно, этот начальный этап, ключевые аспекты которого представлены ниже, определяет успех проекта в целом.

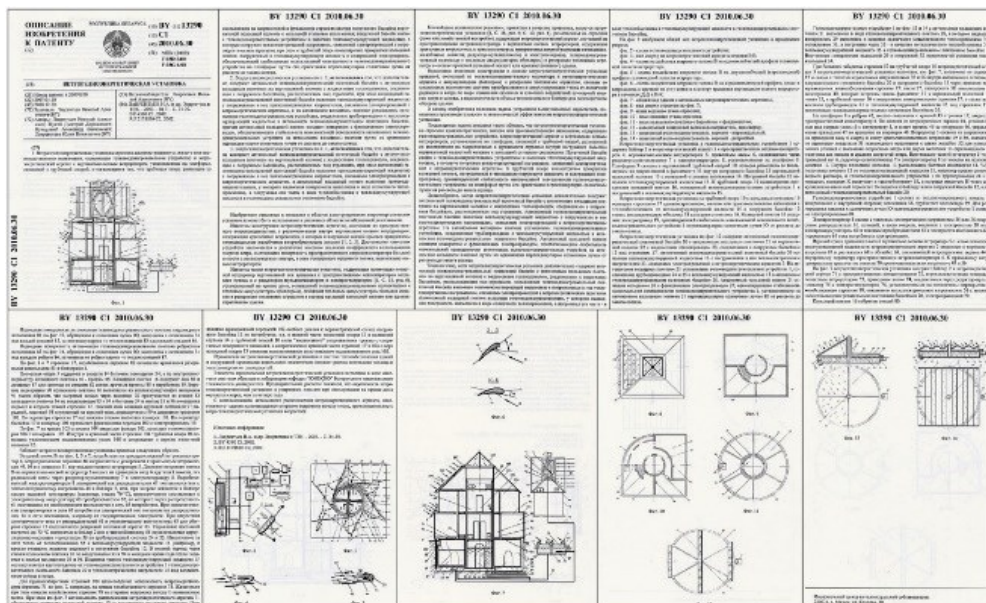
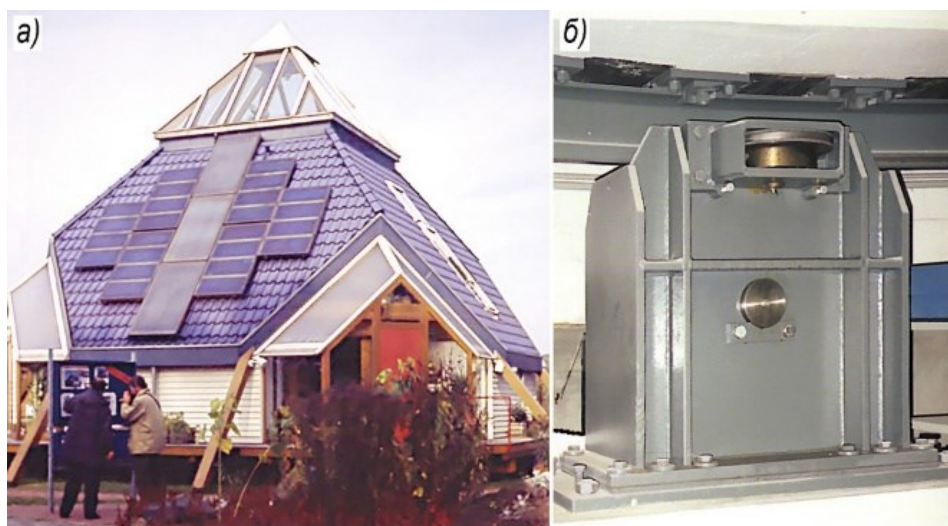


Рисунок 2. – Описание изобретения к патенту BY 13290 [2]

В нашем случае рассматриваются два варианта – ветроздание-1 (почти точное следование запатентованному техническому решению [3]) и ветроздание-2 (неточное следование тому же решению). Первое – стационарное, второе – способное перемещаться (плавать) по водоему. И тот, и другой объект может вращаться вокруг вертикальной оси, во-первых, для создания особого обзора из окон и необычной освещенности помещений и, во-вторых, для обеспечения максимально прямого «взгляда» панелей из солнечных коллекторов на солнце. Пример вращающегося здания, построенного в 1990-х гг. в Германии, показан на рисунке 3.



а) – общий вид; б) – привод для вращения
Рисунок 3. – Вращающееся здание в Германии:

Ветроустановки можно подразделять на виды в зависимости от их взаимодействия со зданием. В источнике [4] приводится три их вида:

- монтируемая на здании (BMWT);
- интегрированная в здание (BIWT);
- с интенсификацией воздушного потока за счет здания (BAWT).

Для ветроустановок BMWT здание является их опорным элементом. Как правило, их располагают на крыше.

Ветроустановки BIWT включают в тело здания.

Самыми интересными с точки зрения архитектуры и дизайна представляются ветроздания с BAWT, которые могут быть по-настоящему целостными объектами.

Ветроустановки BAWT интегрируют в здание так, чтобы оно усиливало действующий на них ветровой поток. Пример подобного ветроздания – многоэтажный жилой дом в г. Лондоне, Великобритания (рисунок 4). К нему присоединены 4 вертикально-осевые ветроустановки Qr5 с 3 геликоидными лопастями каждая производства компании Quiet Revolution. (Как показывает мировая практика, на небольшой высоте в условиях более или менее частых турбулентных ветровых потоков заметно эффективнее горизонтально-осевых работают вертикально-осевые ветроустановки.) Номинальная мощность ветроустановки Qr5, если она работает на сеть, 6,5 кВт. Проектировщики из компании Waugh Thistleton Architects с помощью ветроэнергетиков придали дому именно ту форму, которая помогает ветроустановкам функционировать с наибольшей эффективностью.

Оба рассматриваемых ветроздания мы вправе отнести к двум видам – с BMWT и с BAWT. Почему к первому виду – очевидно, ведь ветроустановка находится строго над зданием. А ко второму – потому что усилителем ветрового потока, направленного внутри ветро-ротора по спирали вверх, служит конфузор, который к тому же является крышей здания. Кро-

ме того, усиливают ветровой поток и его пространственные концентраторы, являющиеся к тому же важными архитектурными элементами объекта. Отметим еще, что пространственные концентраторы и конфузоры «значительно снижают распространение шумовых и электромагнитных излучений» [5, с. 172]. В ветроздании-1 концентратор трансформируемый, в ветроздании-2 – стационарный. В принципе концентраторы можно поменять местами или в обоих случаях использовать стационарный либо трансформируемый.

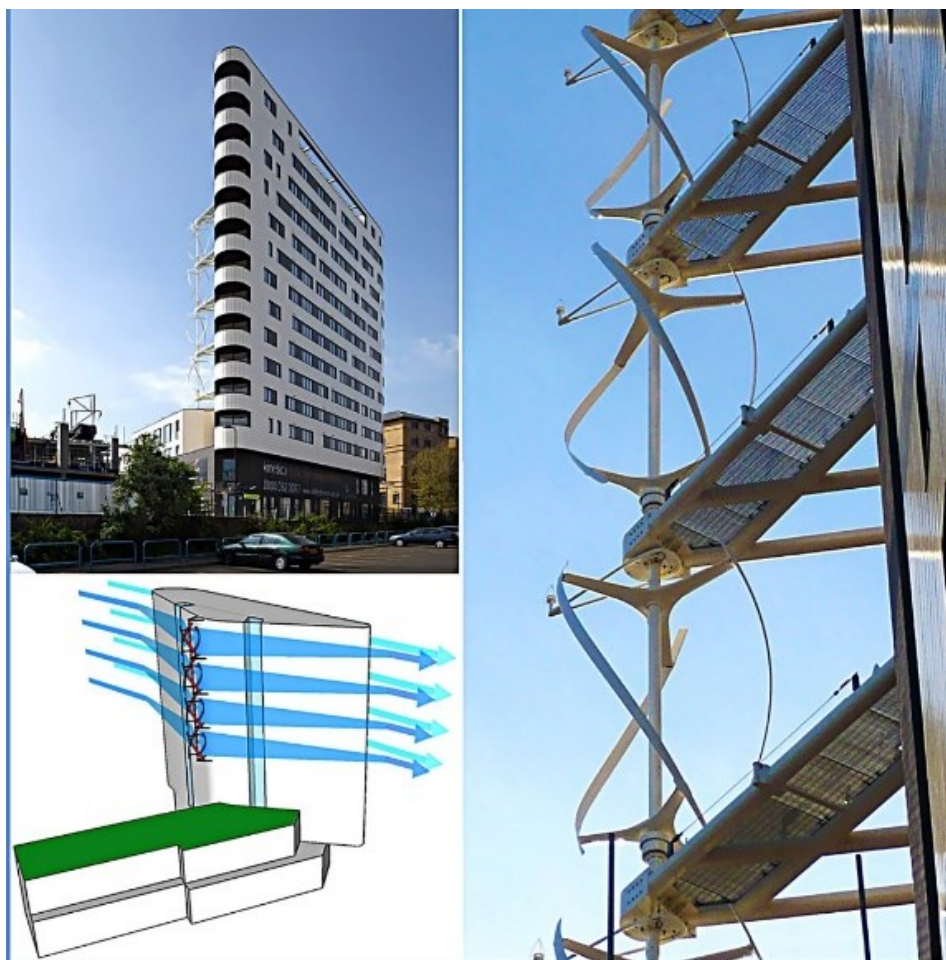


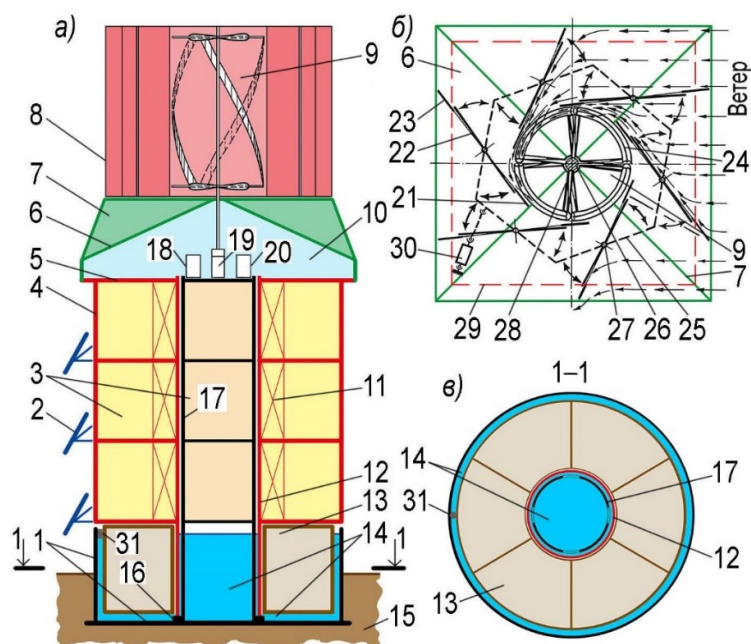
Рисунок 4. – Многоэтажное жилое здание с ветроустановками

Рассмотрим ветроздание-1 (рисунок 5).

Ветроротор с приводным валом, редуктор-мультипликатор, электрогенератор, бойлер и мини-котельная устанавливаются на чердачном перекрытии внутреннего ствола, относящегося к внутренней неподвижной части ветроздания-1. Пространственный ветроконцентратор опирается на крышу-конфузор, которая связывается с этажными несущими конструкциями внешней вращающейся части ветроздания-1. Эти несущие конструкции жестко присоединяются к внешнему стволу, в результате чего образуется рамный каркас. Его следует выполнять из стальных профилей открытого и замкнутого сечения. В плане этажи, как и крыша-конфузор, квадратные.

Панели солнечных коллекторов крепятся к упомянутому выше рамному каркасу.

Внешний ствол может скользить или иным способом перемещаться по кольцевой ступени вращения. Ступень одновременно принадлежит внутреннему стволу и коробчатому фундаменту. Все эти три элемента представляют собой единую конструкцию и выполняются из монолитного железобетона.



а) – вертикальный разрез; б) – вид сверху; в) – горизонтальный разрез;

1 – коробчатый фундамент; 2 – панель из солнечных коллекторов; 3 – отапливаемые помещения; 4 – постройка; 5 – чердачное перекрытие; 6 – крыша-конфузор; 7 – вертикальное ребро; 8 – ветроэнергетическая установка; 9 – геликоидный ветроротор с крыльчатолопастными ветроколесами; 10 – технический чердак; 11 – место расположения круговой лестницы; 12 – внешний ствол; 13 – кольцевой понтон; 14 – погружной бассейн; 15 – грунт; 16 – кольцевая ступень вращения; 17 – внутренний ствол; 18 – бойлер; 19 – редуктор-мультипликатор и электрогенератор; 20 – мини-котельная; 21 – внутренний ветроприемный экран; 22 – средний ветроприемный экран; 23 – внешний ветроприемный экран; 24 – геликоидная лопасть с двумя стреловидными желобами; 25 – защитная оболочка из средних ветроприемных экранов; 26 – приводной вал; 27 – шарнир; 28 – крыльчатолопастное ветроколесо; 29 – контур постройки; 30 – привод среднего ветроприемного экрана; 31 – привод для вращения ветроздания-1

Рисунок 5. – Упрощенные наглядные схемы ветроздания-1

Коробчатый фундамент служит чашей погружного бассейна, заполненного теплоаккумулирующей жидкостью, например крепкосолёным водным раствором. В этот бассейн погружен теплоэлектрический нагреватель, связанный посредством электропроводки с ветроустановкой. Секционный кольцевой понтон, концентрично прикрепленный к внешнему стволу, разгружает его, благодаря чему снижается нагрузка, действующая от него на ступень вращения. В результате меньше энергии затрачивается на вращение внешней части ветроздания вокруг неподвижного внутреннего ствола. Работу ветрогелиоэнергетической установки можно в общих чертах описать следующим образом. Ветровой поток воздействует на пространственный ветроконцентратор и его ветроприемными экранами направляется с ускорением к геликоидным лопастям и крыльчатым ветроколесам ветроротора. Этот процесс усиливает, как уже сказано выше, крыша-конфузор. В результате на приводном валу создается крутящий момент, который передается через редуктор-мультипликатор к электрогенератору. Вырабатываемый им переменный электрический ток через распределитель направляется или к теплоэлектрическому нагревателю бойлера, или (если жидкость в бойлере нагревается свыше заданной температуры, например 70 °С) через преобразователь к электрическому аккумулятору. При необходимости переменный ток через распределитель идет в соответствующую сеть ветроздания-1. В случае если для сети переменного тока ветроздания-1 недостает электроэнергии, используется централизованная электросеть. При отсутствии электрического тока от распределителя и электрического аккумулятора для отопления помещений подключается мини-

котельная. Доставку нагретой, например, до 70 °С жидкости в бойлер или к теплообменнику осуществляет циркуляционно-насосный термостат.

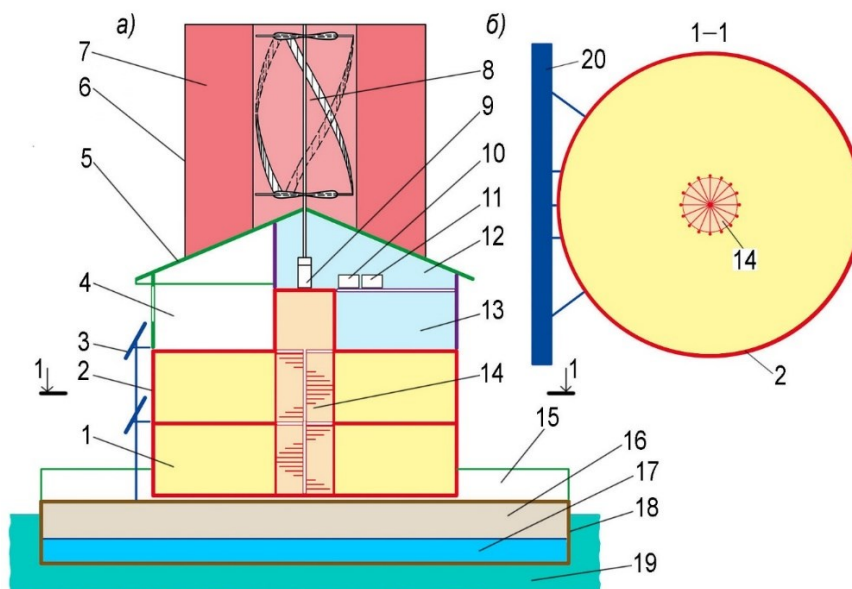
Тепловая энергия, в первую очередь производимая солнечными коллекторами, передается теплоаккумулирующей жидкости в погружном бассейне через теплообменник. В холодные периоды года в помещения ветроздания-1 очищенный теплый воздух подается из кольцевого понтона по воздуховодам. Передача тепловой энергии теплоаккумулирующей жидкости, находящейся в погружном бассейне, от ветроэнергетической установки через теплоэлектрический нагреватель и от солнечных коллекторов через теплообменник осуществляется круглый год. Здесь следует учесть, что львиная доля тепла от солнечных коллекторов поступает во второй половине весны, летом и в первой половине осени. Дополнительно в целях обеспечения теплом ветроздания-1 можно использовать расположенный неподалеку от него автономный гелиоводонагревательный понтонный бассейн.

Во внутреннем стволе ветроздания-1 находятся обслуживающие (бытовые) помещения. Вход в них организуется через специальные проходы в решетчатой конструкции внешнего ствола и пар раздвижных дверей (на каждом этаже одна пара), монтируемых в проемах внутреннего ствола. Когда вход в одну дверь перекрыт стойкой конструкции внешнего ствола, вход в другую дверь свободен. Следует иметь в виду, что расстояние между центрами стоек в зависимости от диаметра внешнего ствола не превышает 1,2–1,4 м. Ввиду такой организации входов в помещения, расположенные во внутреннем стволе, вращение внешней части ветроздания-1 прерывистое.

Ветроздание-1 желательно располагать на возвышении и в отдалении от высоких деревьев. При этом оно само должно быть достаточно высоким. Ветроэнергетический опыт свидетельствует, что минимальное расстояние от уровня земли до низа вертикально-осевого ветроротора составляет примерно 10,0 м. В нашем случае оно более 12,0 м, а общая высота ветроздания-1 оказывается не менее 18,0 м. В связи с этим внутренний ствол играет роль и ядра жесткости рассматриваемого объекта, предотвращая его перекося при воздействии ветровых нагрузок.

О важных особенностях рассматриваемых ветроустановок, в т. ч. расположенной на ветроздании-2 (рисунок 6). Крыльчатолопастные ветроколеса работают в восходящем ветровом потоке, который создают крыша-конфузор (в меньшей степени) и геликоидные лопасти вертикально-осевого ветроротора (в большей степени). В верхней части приводной вал фиксируется в проектное положение при помощи специального приспособления, которое крепится к пространственному ветроконцентратору. Для того чтобы выдержать ураганный ветер, створки трансформируемого ветроконцентратора смыкаются, образуя правильную шестиугольную призму. Ветроустановка со стационарным ветроконцентратором должна быть в этом смысле усилена. Геликоидные лопасти могут быть без желобов (см. рисунок 5, а), с одним желобом для климатических условий с высокими скоростями ветра или двумя стреловидными желобами для климатических условий с низкими и средними скоростями ветра (см. рисунок 5, б).

Теперь рассмотрим отличительные черты ветроздания-2, которое следует возводить в целом на основе стальных конструкций (см. рисунок 6). Его крыша-конфузор (она может быть снабжена радиальными вертикальными ребрами), этажи и понтон круглые в плане. Вокруг вертикальной оси плавно вращается, следя за солнцем, весь объект. Точно в центре его плана находится винтовая лестница, которую обрамляют стойки с кольцевыми горизонтальными связями между ними, формирующие решетчатый ствол-колонну. На него и наружную каркасную стену опираются главные балки перекрытий. На перемещение и вращение ветроздания-2, предназначенного для нахождения в спокойном водоеме, например озере или водохранилище, затрачивается пренебрежительно мало энергии. Дополнительную панель из солнечных коллекторов можно смонтировать в уровне нижней палубы.



а) – вертикальный разрез; б) – горизонтальный разрез;

1 – отапливаемое помещение; 2 – цилиндрическая постройка; 3 – панель солнечных коллекторов; 4 – верхняя палуба; 5 – крыша-конфузор; 6 – ветроэнергетическая установка; 7 – неподвижный ветроприемный экран; 8 – геликоидный ветроротор с крыльчатолопастными ветроколесами; 9 – редуктор-мультипликатор и электрогенератор; 10 – бойлер; 11 – мини-котельная; 12 – верхний технический чердак; 13 – нижний технический чердак; 14 – винтовая лестница; 15 – нижняя палуба; 16 – воздушное пространство понтона; 17 – теплоаккумулирующая жидкость; 18 – понтон; 19 – водоем; 20 – панель из солнечных коллекторов

Рисунок 6 – Упрощенные наглядные схемы ветроздания-2

Зная приведенные выше размеры и высоту этажа обеих ветрозданий (2,9 м), можно по рисункам 5 и 6 прикинуть их остальные размеры. Что касается номинальной мощности этих объектов, она равно ориентировочно 7,0–10,0 кВт.

Элементы рассматриваемой ветрогелиоэнергетической установки были испытаны в виде макетов и опытных образцов в лаборатории кафедры ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии» Белорусского национального технического университета. Ориентировочные расчеты показали, что срок ее окупаемости в условиях климата Беларуси при идеальной организации и выполнении работ производственного и монтажного цикла составляет примерно 5–7 лет.

В отношении энергопотребления, теплозащиты, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха обоим ветроздам надлежит отвечать требованиям стандарта пассивного дома (Германия). Это значит, что сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций этих объектов должно составлять порядка $10,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. У наружных ограждений понтонов этот показатель будет еще выше. Обязательным для ветрозданий представляется автоматизированное управление их инженерными системами.

Что касается возможного применения обоих объектов, они могут быть, например, корпусами проектно-конструкторских бюро, специализирующихся в области возобновляемой энергетики, или туристских комплексов. Логично предположить, что таким ветроздам суждено дополнительно являть собой выставочные и (или) рекламные объекты.

Заключение. В статье рассмотрены в концептуальном, учебно-методическом и техническом ракурсе малоэтажные здания – ветрозда, оснащенные ветроустановкой и панелями из солнечных коллекторов. Для того чтобы малоэтажные ветрозда увидели свет, предложено, в частности, выполнять их научно-проектные разработки в рамках бумажной архитек-

туры и дизайна совместно преподавателям и студентам. Если в основу таких разработок положено запатентованное инженерами техническое решение, то сначала следует преобразовать патентную информацию в наглядные схемы функционального, объемно-пространственного и планировочного решения объекта с соответствующими пояснениями и комментариями. Такие изобразительно-текстовые схемы (в статье показаны и описаны их упрощенные варианты), служат той проектной канвой, которая позволяет дизайнеру и инженеру бесконфликтно видеть в новаторском объекте главное, без чего он теряет свой смысл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков, Д. Д. Ветроустановки и здания / Д. Д. Жуков // Архитектура и строительство. – 2017. – № 5. – С. 64–67.
2. Ветрогелиоэнергетическая установка : пат. ВУ 13290 / Н. А. Лаврентьев, Д. Д. Жуков, А. В. Кучерявый, Ю. Н. Лаврентьева. – Оpubл. 30.06.2010.
3. Вержбицкий, Ж. М. Глава 3. Метафизические универсалии архитектурной культуры / Ж. М. Вержбицкий // Archi.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archi.ru/lib/book.html?id=2146064758&fl=2&sl=2>. – Дата доступа : 07.10.2021;
4. Haase, M. Building augmented wind turbines – BAWT. Integrated solutions and technologies of small wind turbines / M. Haase, E. Löfström. – SINTEF Academic Press, 2015.
5. Лаврентьев, Н. А. Ветроэнергоресурсы и условия возведения ветроэнергетических установок на территории Восточной Прибалтийско-Черноморской зоны Европы / Н. А. Лаврентьев [и др.] ; под науч. ред. Н. А. Лаврентьева. – Минск : Право и экономика, 2010. – 455 с.