

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_1_39

Пути развития ветровой электроэнергетики в г. Грозном¹ Воробьёв А. Е., ² Агамагомедова Е. В.¹ *Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова, 364051, Россия, Грозный, пр. им. Х. А. Исаева 100*² *НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 353919, Россия, Новороссийск, Мысхакское шоссе 75*email: editor-molod@nb-bstu.ru

В статье рассмотрены перспективные направления развития эффективных способов энергоснабжения на примере Чеченской республики. Проведён сравнительный анализ себестоимости производства электроэнергии из различных её источников. Анализ себестоимости производства электроэнергии показывает, что наиболее дешёвой является её производство на основе гидроэлектростанций. Обоснована практическая значимость, которая заключается в распределении себестоимости строительства наземных ветровых электростанций по их отдельным элементам. Собранные данные показывают значительную (свыше 10 % – стоимость материала и 22 % – стоимость возведения) долю, приходящуюся на их башню. Прогнозируется снижение себестоимости производства электроэнергии ветровыми электростанциями, что в перспективе повлечёт за собой снижение цен на ветровые турбины за счёт увеличения производственного потенциала, снижения затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание.

Ключевые слова: ветровая энергетика, ветровая электростанция, перспективное направление, развитие.

По состоянию на декабрь 2020 г., на территории Чеченской Республики эксплуатировались 2 электростанции общей мощностью 361,3 МВт (в том числе одна тепловая электростанция и одна малая ГЭС). В 2019 г. они произвели 705,5 млн. кВт·ч электроэнергии. При этом особенностью энергетики республики прежде всего является доминирование только одной электростанции – Грозненской ТЭС, обеспечивающей практически весь объём вырабатываемой электроэнергии.

В 2020 г. на территории Чеченской Республики эксплуатировались две электростанции (одна тепловая электростанция в г. Грозном и ещё одна – Кокадойская МГЭС, – на р. Аргун), общей мощностью 361,3 МВт. Кроме того, на р. Сунже на стадии завершения строительства находится Кировская МГЭС, проектной мощностью 0,5 МВт. В 2019 г. все они произвели 705,5 млн. кВт·ч электроэнергии. При этом особенностью энергетики республики прежде всего является доминирование только одной электростанции – Грозненской ТЭС (на основе двух газотурбинных установок, работающих на природном газе, мощностью по 176 МВт каждая), обеспечивающей покрытие свыше 50 % республиканской потребности электроэнергии.

Однако, ввод в эксплуатацию ещё одной новой МГЭС не изменит существующие тарифы на электроэнергию для потребителей. Так, тарифы на электроэнергию для жителей Чеченской республики в 2019 г. составляли 2,68 руб. за киловатт-час для городского населения и 1,88 руб. за киловатт-час – для населения сельских районов.

При этом потребление электроэнергии в Чеченской Республике в 2019 г. составило 3044,5 млн. кВт·ч. Таким образом, республика является энергодефицитным регионом по электроэнергии. Так как промышленные предприятия и население Чеченской республики испытывают необходимость в расширении поставок местной электроэнергии и существенного снижении её себестоимости, то в 2010 г. была разработана Программа развития энергетики республики на период с 2011 г. до 2030 г., включающая в себя четыре подпрограммы: «Традиционная электроэнергетика», «Гидроэнергетика», «Использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии» и «Использование геотермальных вод». Это обстоятельство было обусловлено ещё и тем, что во всем мире наблюдается значительный рост потребления электроэнергии. Так, в Чеченской республике прогнозируемая потребляемая мощность может составить 545 МВт, а объемы электроэнергии — 3250 млн. кВт·ч [11].

Развитие эффективных путей энергоснабжения Чеченской республики приводит к необходимости сравнения себестоимости производства электроэнергии из различных её источников (рис. 1) [1].

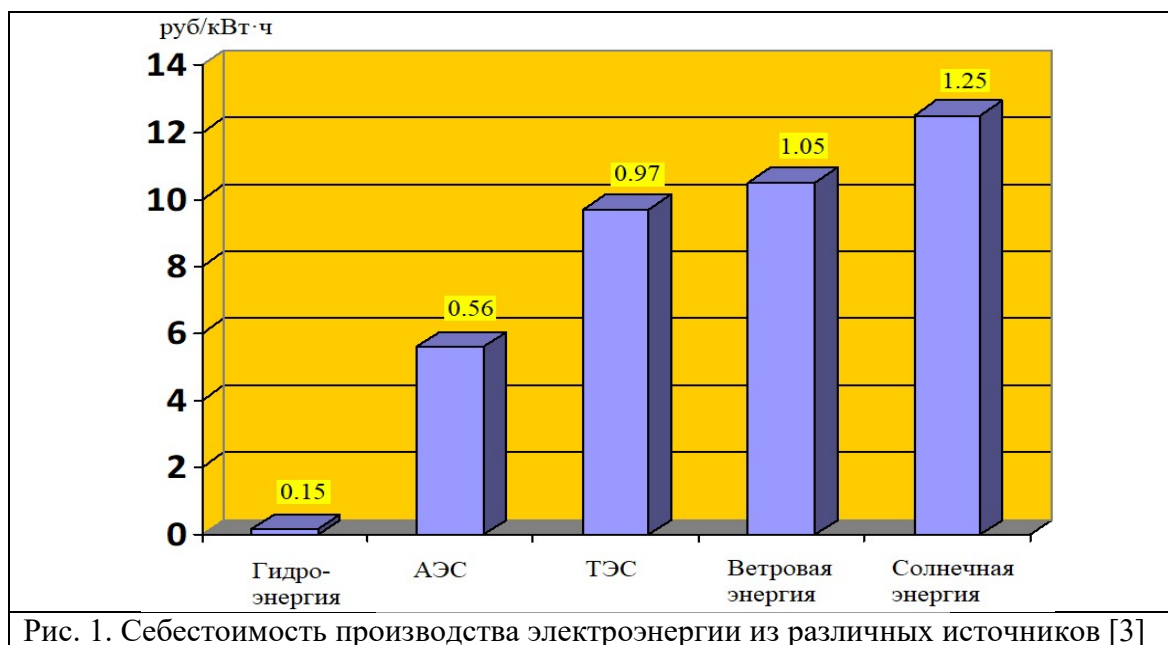


Рис. 1. Себестоимость производства электроэнергии из различных источников [3]

Анализ себестоимости производства электроэнергии показывает, что наиболее дешевой является её производство на основе гидроэлектростанций. Однако, при этом возникает изъятие значительных площадей земельных ресурсов, ограничение возможностей нереста рыб и появление техногенных землетрясений, мощность которых зависит от объёма водохранилищ [7]. В отношении электроэнергии, получаемой на АЭС, необходимо отметить, что в этом случае возникают пока ещё не решённые вопросы с эффективной утилизацией образующихся радиоактивных отходов, что сильно актуализируется при закрытии таких электростанций. При производстве электроэнергии на основе горючего газа возникают существенные по объёму (до 2 кг на кВт) выбросы CO_2 в атмосферу Земли [4]. Поэтому целесообразно развивать энергетику Чеченской республики, основанную на возобновляемых «зелёных» источниках энергии: солнечной, ветровой и т. д., себестоимость производства энергии на базе которых можно снизить практически сопоставимо с другими.

Кроме того, ветер относится к тем возобновляемым источникам энергии, которые способны производить электроэнергию с довольно низкими временными затратами на промышленное развёртывание электростанций, а также среди всех известных типов электроустановок ветровые электроустановки оказывают наименьшее воздействие на окружающую среду [3].

В соответствии с существующей Программой развития энергетики Чеченской республики на 2011–2030 гг., планировалось построить на Терском хребте ветропарк, состоящий из 24 ветроэнергетических установок, мощностью 1,5 МВт каждая, с общей мощностью 36 МВт в совокупности [11]. При этом расчётный ветроэнергетический валовый потенциал территории Терского хребта составляет 1406 млрд. кВт·ч/год.

Необходимо отметить, что применение современных ветроэнергетических установок наземного типа экономически целесообразно при среднегодовой скорости ветра не менее 5 м/с [11].

Турбина ветровой электростанции представляет собой вращающуюся машину, которая преобразует кинетическую энергию ветра в механическую энергию. В зависимости от оси вращения турбины их можно разделить на два основных типа (рис. 2). Чаще встречаются турбины, вращающиеся вокруг горизонтальной оси. Турбины с вертикальной осью используются реже.

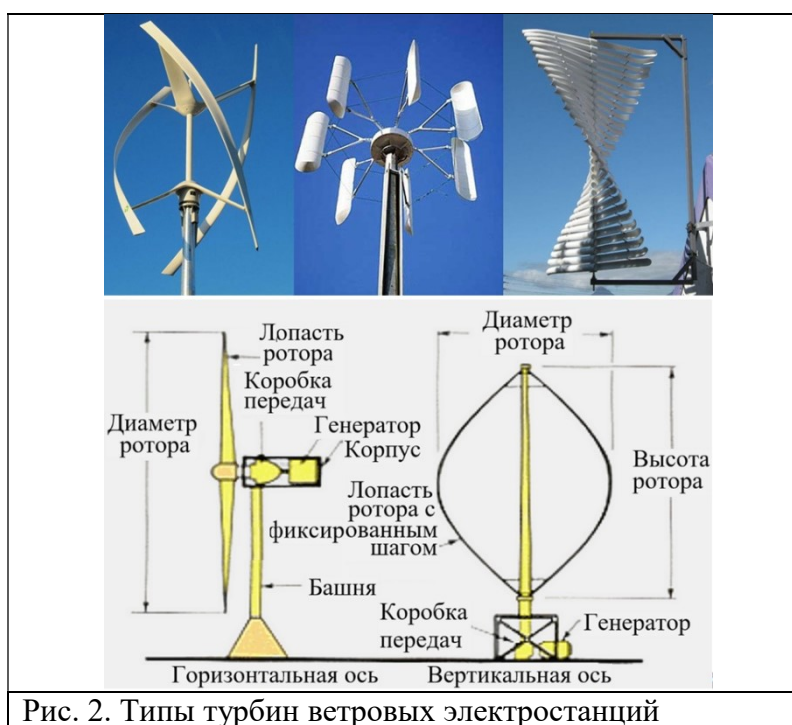


Рис. 2. Типы турбин ветровых электростанций

Чтобы произвести электричество, вал турбины ветровой электроустановки должен быть соединён с электрическим генератором, представляющим весьма сложное техническое устройство (рис. 3). Этот генератор через редукторы преобразует механическую энергию вращающегося вала турбины в электрическую. В этих устройствах весьма целесообразно применять наноматериалы [6], во многом способствующие повышению эффективности производства электроэнергии.

Практический интерес представляет распределение себестоимости строительства наземных ветровых электростанций по их отдельным элементам. Собранные данные практики их строительства показывают значительную (свыше 10 % – стоимость материала и 22 % – стоимость возведения) долю, приходящуюся на их башню (рис. 4) и турбину (49 %).

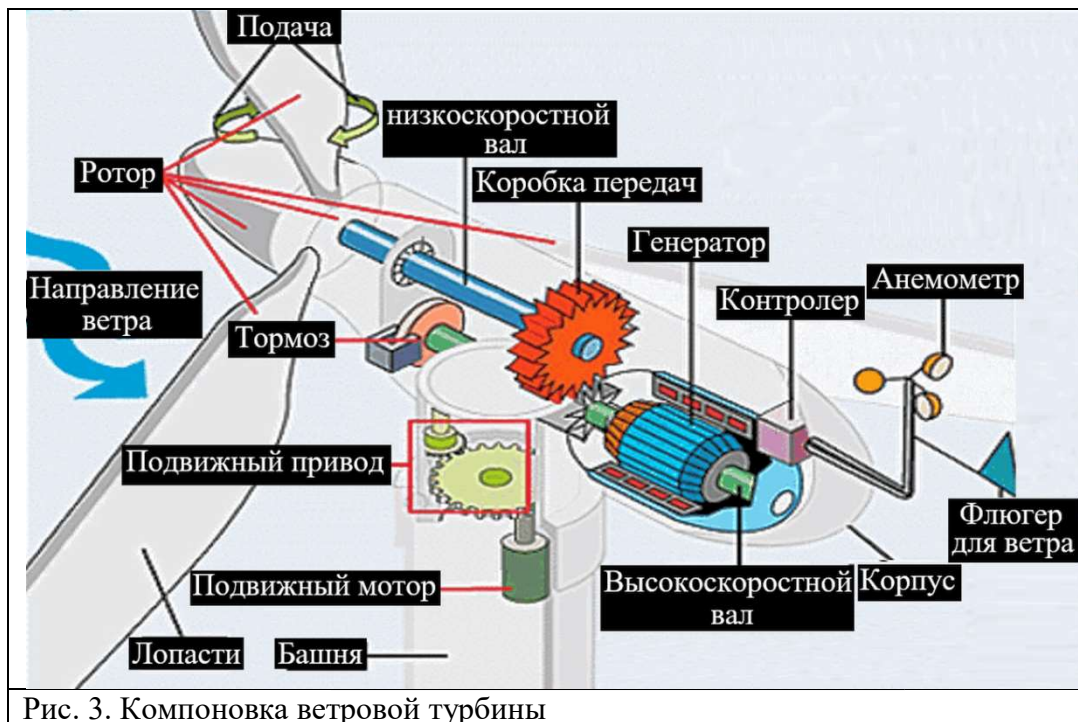


Рис. 3. Компоновка ветровой турбины



Рис. 4. Стоимость строительства элементов ветровых турбин

Ветровые наземные энергоустановки подразделяются по своей мощности от маломощных ветряков до весьма мощных ветровых энергостанций (рис. 5), обеспечивающих энергоснабжение различных объектов.

Наземные ветровые электростанции с течением времени от их первого появления до современного времени прошли ряд серьёзных усовершенствований, в основном касавшихся размеров (высоты) их башен (мачт) и диаметра ветрового колеса (рис. 6).



Рис. 5. Размеры ветровых электростанций и области применения

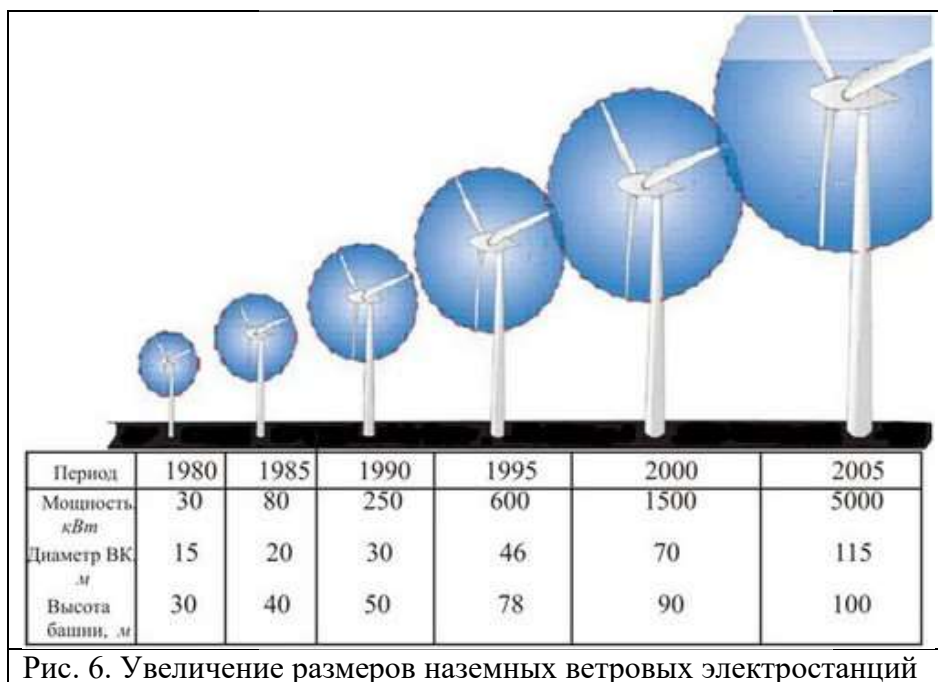
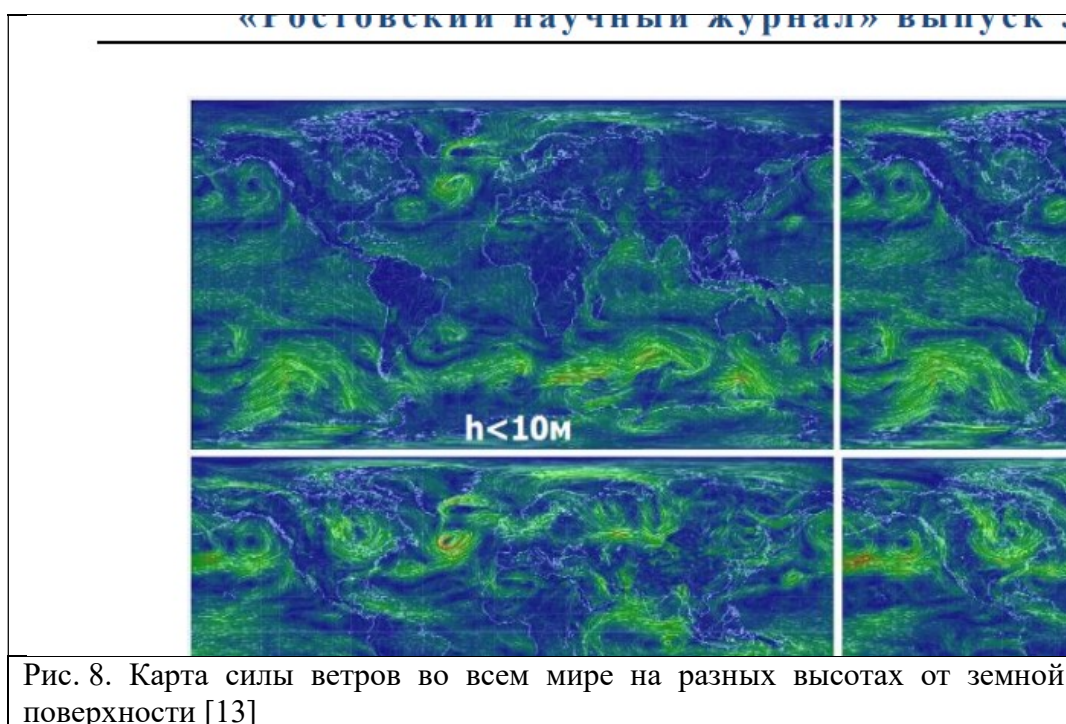


Рис. 6. Увеличение размеров наземных ветровых электростанций

При этом высота башен и диаметр ветрового колеса прямо коррелируют с мощностью энергоустановки. Однако, эти параметры имеют выраженные размерные ограничения: не более 135 м высота башен и 80 м – радиус ветрового колеса. В основном это обусловлено необходимостью обеспечения должной устойчивости ветровой энергоустановки, на которую значительное влияние оказывают возможные резкие порывы ветра, приводящие к биению ветрового колеса и разрушению как лопастей, так и башен (мачт) наземной ветровой электростанции (рис. 7).

Центральным фактором обеспечения эффективной работы ветровых электростанций является значение скорости движения ветра, которая существенно увеличивается с высотой (рис. 8). Поэтому в качестве наиболее эффективных альтернативных источников поставок

электроэнергии предлагаются ветровые летающие электроустановки, способные эффективно работать на высотах до 10 км.



В Стенфордском университете установили, что максимальной эффективности летающие электроустановки достигают при работе на высотах 8500...9000 м над земной поверхностью,

т. к. именно здесь ветер достигает наибольшей силы, а его интенсивность, плотность и равномерность максимально велики. При этом ветровая энерготурбина, находящаяся в верхних слоях атмосферы производит лишь незначительный шум, а в случае, если ей понадобится обслуживание, её можно легко лебедкой спустить на землю для ремонта.

Поэтому кроме наземных электроустановок значительный практический интерес представляют летающие (парящие), на различных принципах, высотные электроустановки.

Так, компания Joby Energy разработала летающую ветровую энергоустановку, в которой многокрылая конструкция поддерживает сразу несколько турбин. Эти турбины подключены к мотор-генераторам, которые одновременно производят тягу во время взлета такой установки и производство электроэнергии в ходе её полета, осуществляемого перпендикулярно ветру. Такая, ориентация в полете поддерживается за счет компьютерной системы, управляющей аэродинамическими поверхностями крыльев и дифференциально контролирующей скорости вращения отдельных роторов. Армированный композитный трос передает производимую электроэнергию на землю и одновременно удерживает полёт такой установки на определенной высоте над земной поверхностью. Высокая избыточность работы турбин и возникновение режима авторотации, позволяет даже в случае отказа нескольких элементов, оставаться в воздухе.

В настоящее время созданы летающие ветровые турбины Makani, с размахом крыльев 25,9 м, которые оснащены восемью электрогенераторами (рис. 9). В них будут использоваться электрические кабели, которые будут передавать производимую электроэнергию на землю. Мощность такой электрогенерирующей машины составляет 600...1000 кВт.



Компания Makani Power также разработала летающую высотную ветровую турбину, по своей сути являющейся огромным кайтом (рис. 10), который будет в состоянии использовать имеющийся значительный энергетический потенциал ветров, существующий на довольно больших высотах.

Этот кайт представляет собой 30-метровое монокрыло из углеродного волокна, на котором установлены ветровые турбины. Также на этом крыле закреплено множество датчиков (GPS, барометр, магнитометр и т. д.) и контроллеров, передающих собираемые данные лётному компьютеру, контролирующему траекторию полёта. Вся эта система связана с землёй гибким тросом (длиной 0,5 км), по которому передаётся генерируемая электроэнергия.

Стартап KiteGen из Турина (Италия) основывается на следующем инновационном подходе, заключаемом в том, чтобы оставить на земле всё электрогенерирующее оборудование, тем

самым существенно экономя вес воздушной части конструкции, и вместо этого передавать физическую тягу кручения по специальному тросу от кайта на землю для последующей выработки электроэнергии.

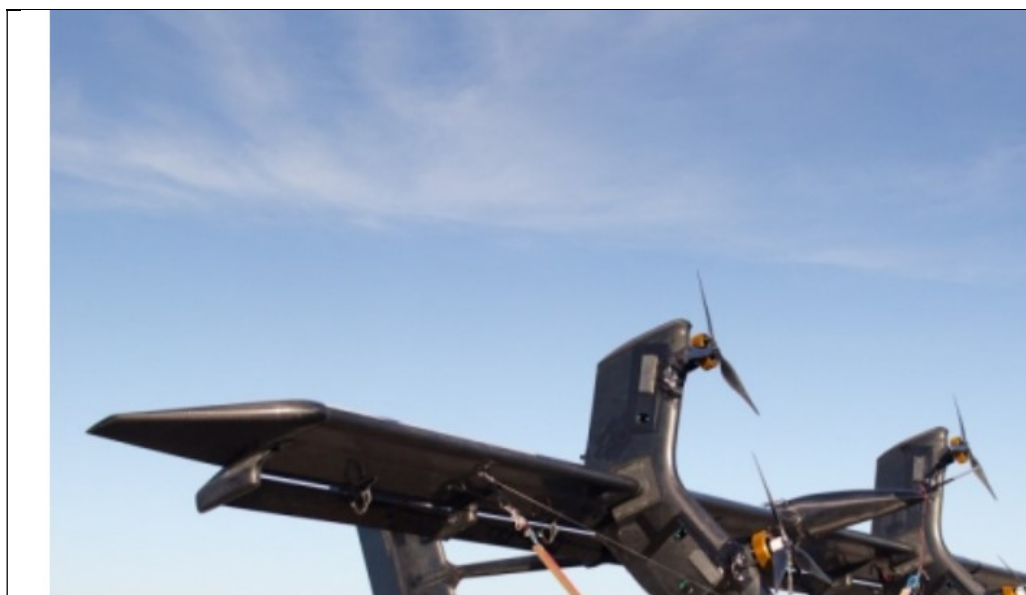


Рис. 10. Ветряк-кайт

Чтобы извлечь энергию от ветра на высоте около 900 м, такие энергетические кайты сделаны полужёсткими и автоматически пилотируемы. Всё тяжёлое оборудование для производства электроэнергии находится на земле. Для соединения воздушной и наземной систем, высокоустойчивые тросы передают образуемую тягу кайтов, одновременно с этим контролируя их направление движения и угол относительно ветра.

Кроме того, к настоящему времени была построена летающая электроустановка, получившая название MARS (Magenn Power Air Rotor System) [10]. В ней баллон (рис. 11), заполненный гелием, имеет на своей поверхности загнутые под углом лопасти, очень похожие на водозащепы у колеса водяной мельницы. Динамический поток воздуха действует на них так же, как гидродинамический поток воды на мельничное колесо, и в результате воздушная конструкция вращается вокруг горизонтальной оси, к которой крепятся электрогенераторы, а также тросы, удерживающие такой вращающийся дирижабль на одном месте и передающие на землю произведённое электричество.

Ветер, раскручивающий лопасти, удерживает этот аппарат (за счёт эффекта Магнуса) в горизонтальном положении относительно земной поверхности. Так, благодаря круговым движениям лопастей, возникает поперечная сила, которая помогает стабилизировать этот аппарат в приземной атмосфере.

По осуществленным расчётам, MARS сможет нормально работать и производить электроэнергию при скоростях ветра 1...28 м/с. Этот диапазон более широким, чем у распространённых типов наземных ветрогенераторов. Особенно важно то, что MARS сможет вращаться и вырабатывать электроэнергию даже при довольно слабом ветре.

Для установки такого летающего ветрогенератора MARS необходимы лишь небольшой фундамент с лебёдкой и трансформаторная станция. С помощью канатов этот аппарат поднимается на высоту порядка 300 м, где скорость ветрового потока достигает 100 км/ч и более. Электроэнергия (которую вырабатывает такая летающая электроустановка) подаётся по специальному кабелю на землю в трансформаторную подстанцию, откуда она может быть направлена для немедленного использования потребителями, либо к энергосистеме через

электрическую сеть для последующего использования, либо к набору батарей для накопления и хранения электроэнергии.

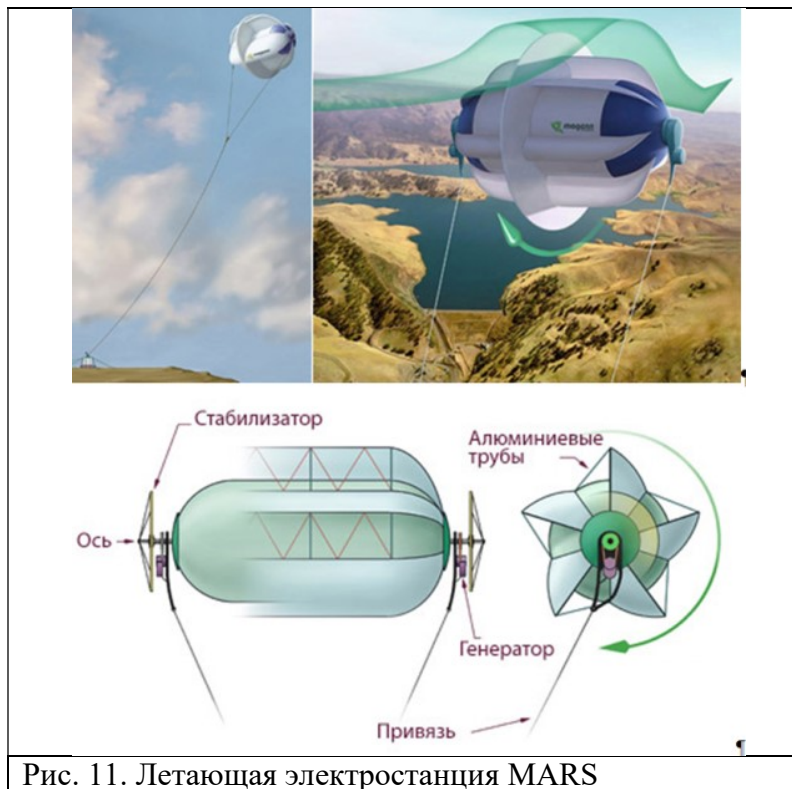


Рис. 11. Летающая электростанция MARS

Magenn Power разрабатывает сейчас целую линейку MARS разных размеров с выходной мощностью 4...100 кВт [10]. Стоимость таких генераторов составляет от \$3 до \$5 за один ватт мощности, а цена на электричество, выработанное ими, – 0,35...0,45 центов за киловатт-час. Кроме того, компания Altaeros Energies разработала летающую ветровую турбину — нечто среднее между традиционным ветряком и дирижаблем (рис. 12).



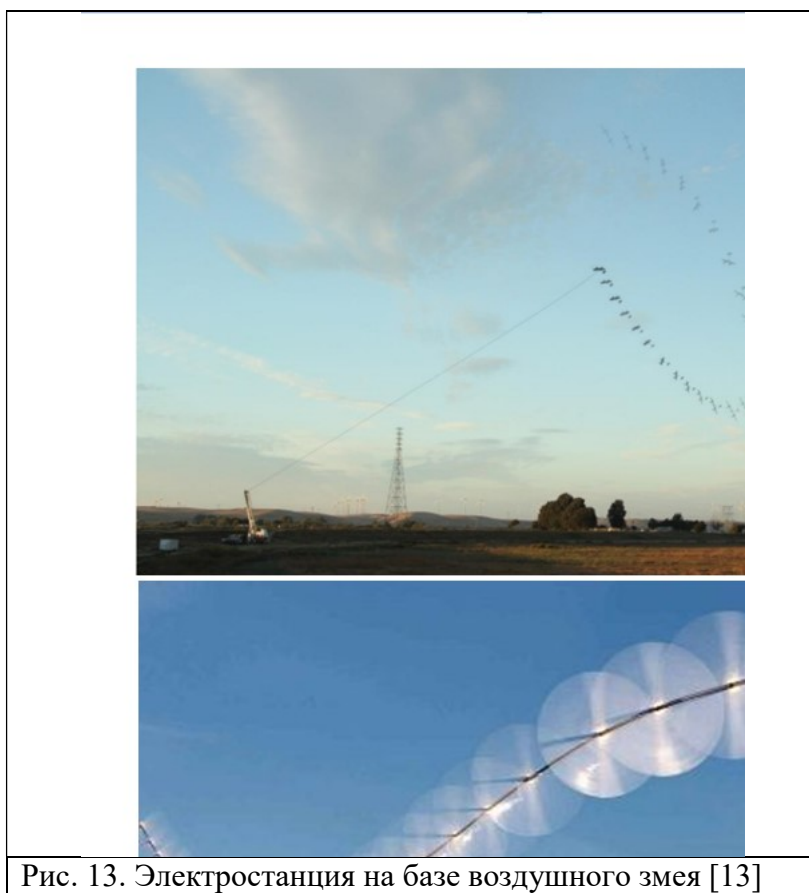
Рис. 12. Летающая электростанция-дирижабль Buoyant Air Turbine

Конструкция летающей ветровой турбины Altaeros довольно проста. Надувная оболочка, заполненная гелием, поднимает энергоустановку на значительную высоту, где ветры гораздо сильнее, нежели чем на уровне земной поверхности. Высотные турбины удерживаются

специальным тросом, с помощью которого электроэнергия, вырабатываемая турбиной, направляется к потребителям на землю. Необходимо отметить, что действующий прототип произвёл в более чем два раза больше электроэнергии на значительной высоте, чем это сделал бы обычный ветряк на традиционной мачте, а стоимость произведённой электроэнергии составляет 2,8 цента за один кВт. При этом такая энергоустановка способна функционировать практически в автономном режиме (участие персонала сведено к минимуму), т. к. требует технического обслуживания только один раз в 1,5 года.

Новые ветровые турбины были созданы по аналогии с воздухозаборниками самолётов: внутри этих ветровых энергоустановок находятся роторы, которые вращаются под воздействием ветра и генерируют электрический ток. Примером ветровых турбин турбореактивного типа может служить предложенная FloDesign технология [14] основанная на захвате ветра энерготурбиной, размещённой на дирижабле, через небольшое отверстие, что делает такую турбину, примерно в четыре раза эффективнее горизонтальных ветровых электростанций.

Кроме того, уже существует ряд проектов «Sky Int Power», которые используют эффект воздушного змея (рис. 13), с электрогенератором массой до 500 кг.



Также к настоящему времени создан проект безопасной ветровой турбины (рис. 14), которая не содержит никаких движущихся частей. Разработанный голландской архитектурной фирмой Месапоо, электростатический преобразователь энергии ветра (EWICON) в настоящее время является прототипом (действующим макетом) такого устройства и выставлен в Технологическом университете Делфта (Нидерланды). Эта модель использует энергию движения заряженных частиц (воды) и заряженных ионов и перевод её в электрическую.



Рис. 14. Электростатический ветряк

На аналогичном принципе корпорация Dutch Windwheel Corporation планирует построить в г. Роттердаме (Голландия) инновационную ветровую электростанцию Dutch Windwheel, работа которой будет основана на технологии EWICON, недавно разработанной в Делфтском технологическом институте (Electrostatic Wind energy CONverter — «Электростатический конвертер ветровой энергии»). Эта «ветровая мельница XXI века» откроет принципиально новую страницу в традиционной зелёной энергетике [2]. Здание этой электростанции будет состоять из 2-х огромных ажурных колец (рис. 15), выполненных из стекла и бетона. Внешнее кольцо будет извлекать энергию из ветра, а кроме того, в нём также будет находиться 40 вращающихся кабинок обозрения, движущиеся по рельсам. Во внутреннем кольце разместятся видовой ресторан, апартаменты, гостиничные номера и офисы, а также система, предназначенная для переработки биоотходов, создаваемых посетителями, в «зелёное» топливо – биогаз. Интереснее всего, конечно, то, что будет происходить в полости внешнего кольца. Суть технологии EWICON состоит в перемещении заряженных частиц против направления электрического поля.

Во внешнем кольце Dutch Windwheel роль таких частиц будут выполнять положительно заряженные капельки воды и различные ионы. С помощью специальных форсунок, размещённых практически по всей внутренней поверхности кольца, эти заряженные капельки и ионы будут подниматься в воздух, а существующий ветер направит их вдоль электродов, также усеивающих внутреннюю поверхность. Благодаря этому постоянно будет создаваться разность потенциалов и вырабатываться электрический ток. Вода при этом будет извлекаться из почвы, которая вокруг инновационной «водяной мельницы» будет заболочена (в том числе, благодаря дождям, воды которых будут стекать по внешним изгибам колец).

Эта технология ещё перспективна и тем, что в механизме такой электростанции не существует движущихся друг относительно друга деталей. А значит, ничего не будет изнашиваться и ломаться. Кроме того, в отличие от традиционных ветряков, такая ветровая электростанция не будет иметь вращающихся лопастей, которые пока ещё убивают немало диких птиц. Такой подход получил дальнейшее развитие в градостроительной архитектуре, где сами жилые и промышленные здания будут вырабатывать электроэнергию под воздействием силы ветра (рис. 16).

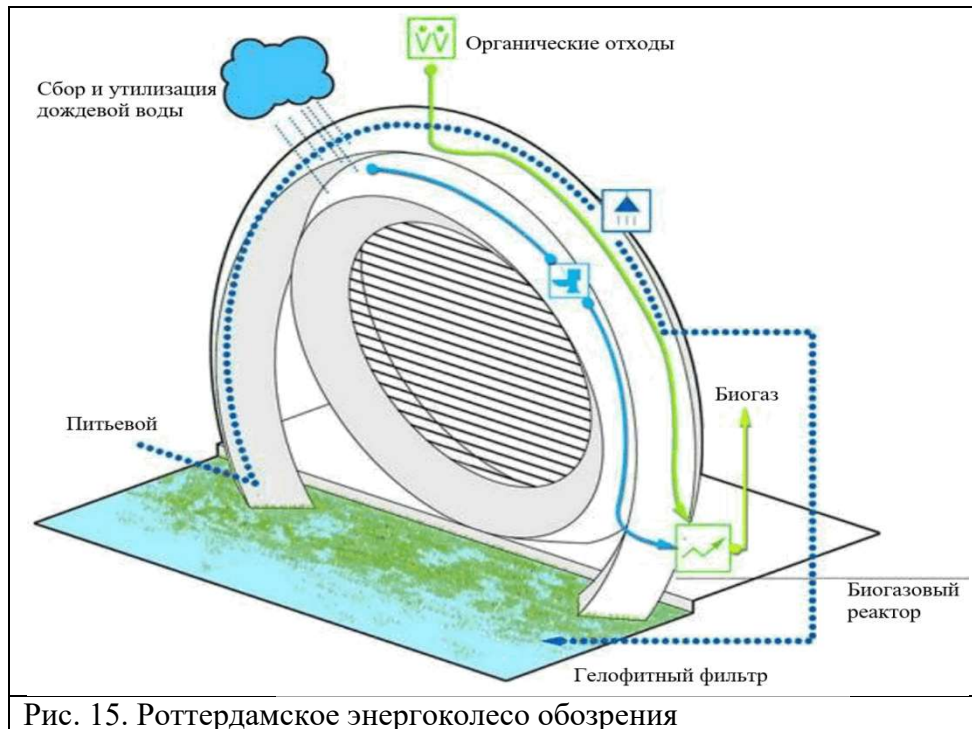


Рис. 15. Роттердамское энергоколесо обозрения

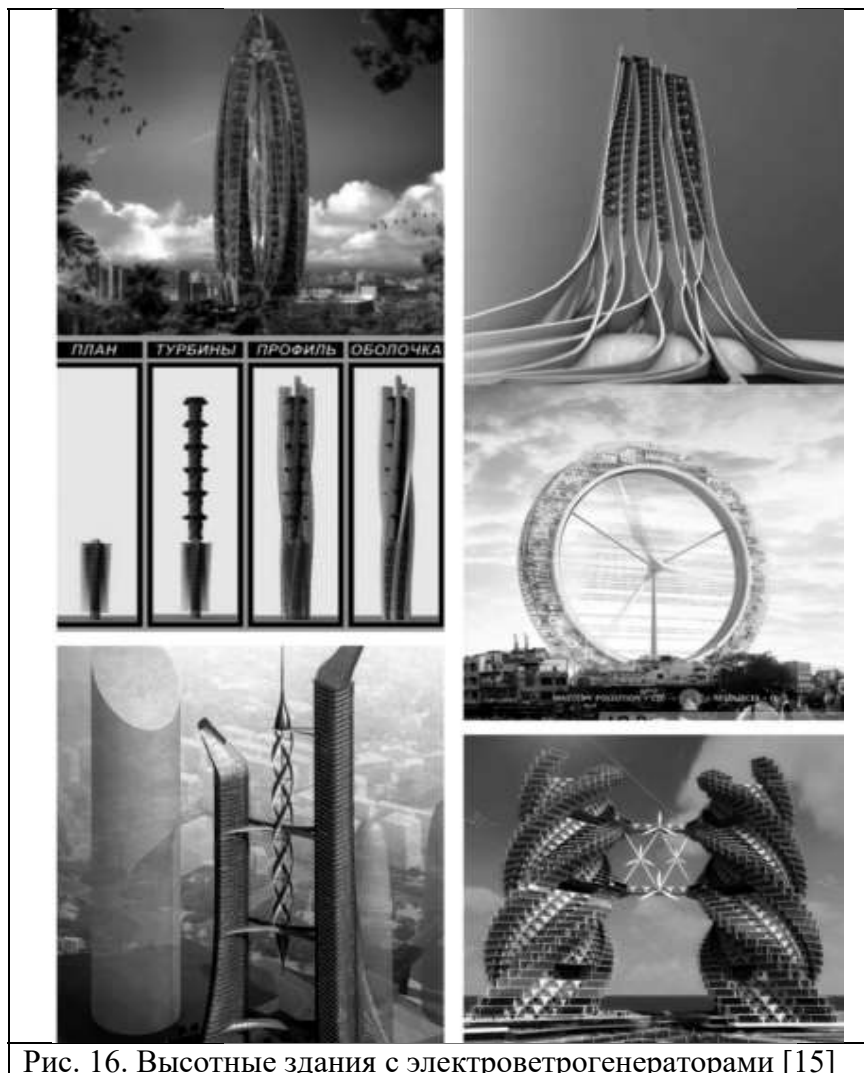


Рис. 16. Высотные здания с электроветрогенераторами [15]

Так, в настоящее время уже существуют высотные здания с точечным размещением ветровых энергоустановок (например, на их крыше), консольным размещением или в сквозных отверстиях. При среднем энергопотреблении высотного здания в 5 тыс. МВт его собственные энергоустройства способны обеспечить до 25 % существующего общего электропотребления. Стоимость такой энергосистемы составляет 120 млн. руб, при сроке окупаемости 5...8 лет. В ОАЭ реализуется новый проект по генерации «зеленой» электроэнергии [12], предусматривающий монтаж 1200 углеродистых «стеблей» (рис. 17), высотой 55 м. Каждый отдельный элемент этой системы находится на расстоянии 10 м друг от друга.



Рис. 17. Электростанция «качающиеся стебли»

Толщина отдельного «стебля» в основании равна 30 м, а кверху сужается до 5 см. Каждый такой «стебель» будет содержать чередующиеся слои электродов и керамических дисков, изготовленных из пьезоэлектрических материалов, которые генерирует электрический ток, когда подвергаются давлению. Поэтому, когда «стебли» будут качаться на ветру, пьезодиски будут сжиматься и ослабляться, генерируя электрический ток. На вершине каждого стебля будет установлено по светодиодному фонарю, яркость свечения которого будет напрямую зависеть от силы ветра и количества генерируемой в данный момент электроэнергии. Выбор места расположения имеет важное значение для успешного строительства и эксплуатации ветровых электростанций. Однако самым важным критерием при выборе места является значение скорости ветра. С помощью теоретических исчислений и полученных подробных данных натурных измерений силы ветра необходимо оценить ветровой потенциал местности и сделать прогнозы эффективности производства электроэнергии. В зависимости от значений ветрового ресурса окупаемость ветровой электростанции может быть в пределах 2...4 лет, а срок её эксплуатации – более 30 лет.

Средневзвешенная стоимость электроэнергии новых наземных ветровых электростанций в 2019 г. составила 0,053 долл./кВт·ч, а инновационных летающих – 0,028 долл./кВт·ч. Ожидается, что себестоимость производства электроэнергии ветровыми электростанциями будет продолжать в дальнейшем снижаться, что будет обусловлено снижением цен на ветровые турбины и существенной экономией за счёт масштаба производства и снижением затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание [5, 9].

Список литературы

1. Ветровая электростанция – Режим доступа: свободный. – URL: <https://present5.com/wind-turbine-power-plant-introduction-of-wind-turbine> (дата обращения: 03.10.2021). – Текст: электронный.
2. Ветряную супер-электростанцию построят в Роттердаме – Режим доступа: свободный. – URL: <http://rusbenelux.com/vetryanuyu-super-elektrostantsiyu-postroyat-v-rotterdam> (дата обращения: 03.10.2021). – Текст: электронный.
3. Воробьев А. Е. Программа развития науки и инноваций в Атырауском университете нефти и газа. Lambert Academic Publishing. Mauritius. 2017. 130 с.
4. Воробьев А. Е. Человек и биосфера. Основы взаимодействия, эволюции и самоорганизации. Учебное пособие / Под ред. чл.-корр. РАН Пучкова Л. А. – М.: МГГУ, 1998. – 216 с.
5. Воробьев А. Е., Воробьев К. А., Мадаева М. З., Хаджиев А. А. Наноматериалы высоковольтных кабелей и проводов // В сборнике: Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции. Владикавказ, 2021. С. 144–146.
6. Воробьев А. Е., Гладуш А. Д. Наноинженерия топливно-энергетического комплекса. Т. 2. Наноассоциаты пород и наноминералы. М., РУДН. 2019. 411 с.
7. Воробьев А. Е., Кожоголов К. Ч., Разаков Ж. П., Кожоголов Б. К., Шамшиев О. Ш., Тагаев Р. А., Воробьев К. А. Геоинжиниринг: оружие поражения или технологии развития? / Под редакцией Ивашова Л. Г. Бишкек (Кыргызстан). 2020. 406 с.
8. Воробьев А. Е., Мадаева М. З., Воробьев К. А. Возможности эффективного применения инновационных методик подготовки кадров по специальностям энергетики // Материалы республиканской научной конференции «Актуальные вопросы подготовки кадров по специальностям энергетики». Сумгаит (Азербайджан). Сумгаитский государственный университет. 2019. С. 6–13.
9. Воробьев А. Е., Мадаева М. З., Хаджиев А. А. Будущее энергетики // В сборнике: Актуальные вопросы тепло- и электроэнергетики. Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Грозный, 2021. С. 65–78.
10. Дирижабль-электростанция прешел испытания – Режим доступа: свободный. – URL: https://gizmod.ru/2008/05/12/dirizhabl-elektrostantsija_preshel_ishpytaniya (дата обращения: 03.10.2021). – Текст: электронный.
11. Керимов И., Дебиев М., Масаев С. Приоритетные направления развития энергетики Чеченской Республики // Энергетическая политика. 2020.
12. Конструкции ветровых турбин и их характеристики – Режим доступа: свободный. – URL: <https://tv-r.ru/konstrukcii-vetrovyh-turbin-i-ih-harakteristiki-что-такое-новaya> (дата обращения: 03.10.2021). – Текст: электронный.
13. Онищенко Р. А., Кузнецов Е. А. Перспективы использования летающих ветрогенераторов в регионах, испытывающих нехватку электрической энергии // Ростовский научный журнал № 11. 2017. С. 332–337.
14. Рогов В. Ю. Оценка эффективности аэростатной ветроэнергетики в Байкальском регионе // Известия иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права) N 1. 2013. С. 31.
15. Семикин П. П., Бацунова Т. П. Особенности объёмно-пространственных решений высотных зданий с возобновляемыми источниками энергии // Известия высших учебных заведений. Строительство № 1. 2015. С. 69–76.

Ways of development of wind power industry in Grozny

¹ Vorobyov A. E., ² Agamagomedova E. V.

¹ *Academician M. D. Millionshchikov Grozny State Oil Technical University,
364051, Russia, Grozny, av. Kh. A. Isaeva 100*

² *NB BSTU named after V.G. Shukhov, 353919, Russia, Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75*

The article considers promising directions for the development of efficient methods of energy supply on the example of the Chechen Republic. A comparative analysis of the cost of electricity production from its various sources has been carried out. An analysis of the cost of electricity production shows that the cheapest is its production based on hydroelectric power plants. The practical significance is substantiated, which lies in the distribution of the cost of construction of ground-based wind power plants by their individual elements. The collected data show a significant (over 10 % – the cost of material and 22 % – the cost of erection) share attributable to their tower. A decrease in the cost of electricity production by wind power plants is predicted, which in the future will lead to a decrease in prices for wind turbines due to an increase in production potential, and a decrease in operating and maintenance costs.

Keywords: wind energy, wind power plant, promising direction, development.