

УДК 620.92

ОСНОВНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В Г. ГРОЗНОМ

Воробьев Александр Егорович

д.т.н., академик, профессор

Хаджиев Асланбек Абуязидович

аспирант, ст. преподаватель

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова

Аннотация: В статье рассматриваются варианты и перспективы получения электрической энергии с применением нового подхода в реализации проекта, направленного на решение проблем с энергодефицитом в Чеченской республике, предлагается решение по электрификации Чеченской республики в соответствии с существующей программой развития промышленной энергетики на 2011–2030 гг. Современные ветроэнергетические установки наземного типа экономически целесообразны при среднегодовой скорости ветра не менее 5 м/с. Например, электростанция на базе воздушного змея, электростатический преобразователь энергии ветра EWICON, "Роттердамское колесо обозрения", "Качающиеся стебли" в ОАЭ. Проведенный в статье анализ себестоимости производства электроэнергии по различным источникам и актуальность развития энергетики Чеченской республики, в направлении возобновляемых «зеленых» источников энергии показывает перспективу реализации данного проекта.

Ключевые слова: Возобновляемая энергия, ветровые потоки, электростанция-дирижабль, ветровая турбина, энергоснабжение, энергодефицит.

THE MAIN WAYS OF DEVELOPMENT OF WIND POWER INDUSTRY IN GROZNY

Vorobyov Alexander Egorovich

Khadzhiev Aslanbek Abuyazidovich

Abstract: The article discusses options and prospects for obtaining electric energy using a new approach in the implementation of a project aimed at solving

problems with energy shortages in the Chechen Republic, a solution is proposed for electrification of the Chechen Republic in accordance with the existing program for the development of industrial energy for 2011-2030. Modern ground-based wind power plants are economically feasible at an average annual wind speed of at least 5 m/s. For example, a power plant based on a kite, an electrostatic wind energy converter EWICON, "Rotterdam Ferris Wheel", "Swinging stems" in the UAE. The analysis of the cost of electricity production by various sources carried out in the article and the relevance of the development of energy in the Chechen Republic in the direction of renewable "green" energy sources shows the prospects for the implementation of this project.

Key words: Renewable energy, wind flows, airship power plant, wind turbine, power supply, energy shortage.

Введение. В 2020 г. на территории Чеченской Республики эксплуатировались 2 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 в совокупности произвели 705,5 млн. кВт·ч электроэнергии. При этом особенностью энергетики республики, прежде всего, является доминирование только одной электростанции - Грозненской ТЭС (технология которой базируется на основе 2-х газотурбинных установок, работающих на природном газе, мощностью по 176 МВт каждая), обеспечивающей покрытие свыше 50% республиканской потребности электроэнергии.

При этом общее потребление электроэнергии в Чеченской Республике в 2019 г. составило 3044,5 млн. кВт·ч. В Чеченской республике в ближайшей перспективе прогнозируемая потребляемая мощность может составить 545 МВт, а объемы электроэнергии - 3250 млн. кВт·ч [1]. Таким образом, республика является энергодефицитным регионом по электроэнергии. 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».

Анализ себестоимости производства электроэнергии по различным источникам показывает (рис.1), что наиболее дешевой является её производство на основе гидроэлектростанций [2].

. Однако, при этом возникает изъятие значительных площадей земельных ресурсов, ограничение возможностей нереста рыб вверх по течению рек и появление техногенных землетрясений, мощность которых напрямую зависит от объема водохранилищ, а также потенциальная угроза возникновения катастрофических наводнений при разрушении их плотин [3].

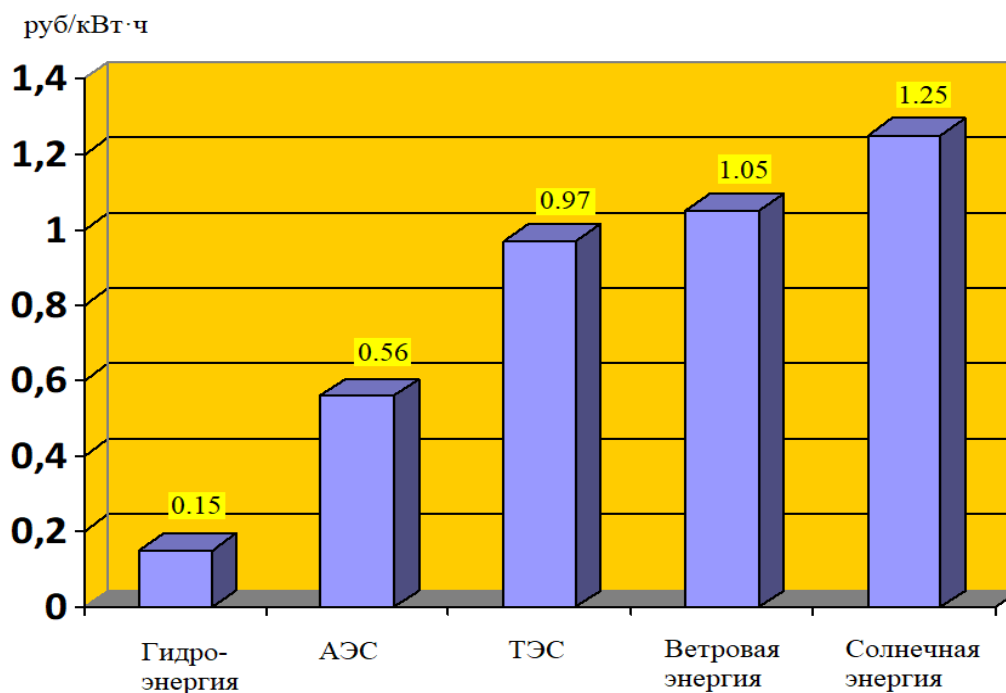


Рис. 1. Себестоимость производства электроэнергии из различных источников [4]

В отношении электроэнергии, получаемой на АЭС, необходимо отметить, что в этом случае возникают пока ещё не решенные вопросы с эффективной утилизацией образуемых радиоактивных отходов, что особенно весьма сильно актуализируется при закрытии таких электростанций. При производстве электроэнергии на основе горючего газа возникают существенные по объему (до 2 кг на 1 кВт) выбросы CO_2 в атмосферу Земли [5]. Поэтому в Чеченской республике целесообразно развивать энергетику, основанную на возобновляемых «зеленых» источниках энергии: солнечной, ветровой, геотермальной и т.д., себестоимость производства энергии (с учетом эффекта масштаба производств и дальнейшего развития уровня техники в этих областях), на базе которых можно снизить практически до сопоставимой с традиционными.

Кроме того, ветер относится к тем возобновляемым источникам энергии, которые способны производить электроэнергию с довольно низкими временными затратами на промышленное развёртывание электростанций (особенно это актуально в зоне военных действий), а также среди всех известных типов электроустановок ветровые электроустановки оказывают наименьшее воздействие на окружающую среду [4].

В соответствии с существующей Программой развития промышленной энергетики Чеченской республики на 2011–2030 гг., на Терском хребте планировалось построить ветропарк, состоящий из 24 ветроэнергетических установок, мощностью 1,5 МВт каждая, с общей мощностью 36 МВт [1]. Но данный замысел остался пока не реализованным, хотя расчетный ветроэнергетический валовой потенциал территории Терского хребта составляет 1406 млрд. кВт·ч/год.

С целью снижения себестоимости электроэнергии 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. 2).

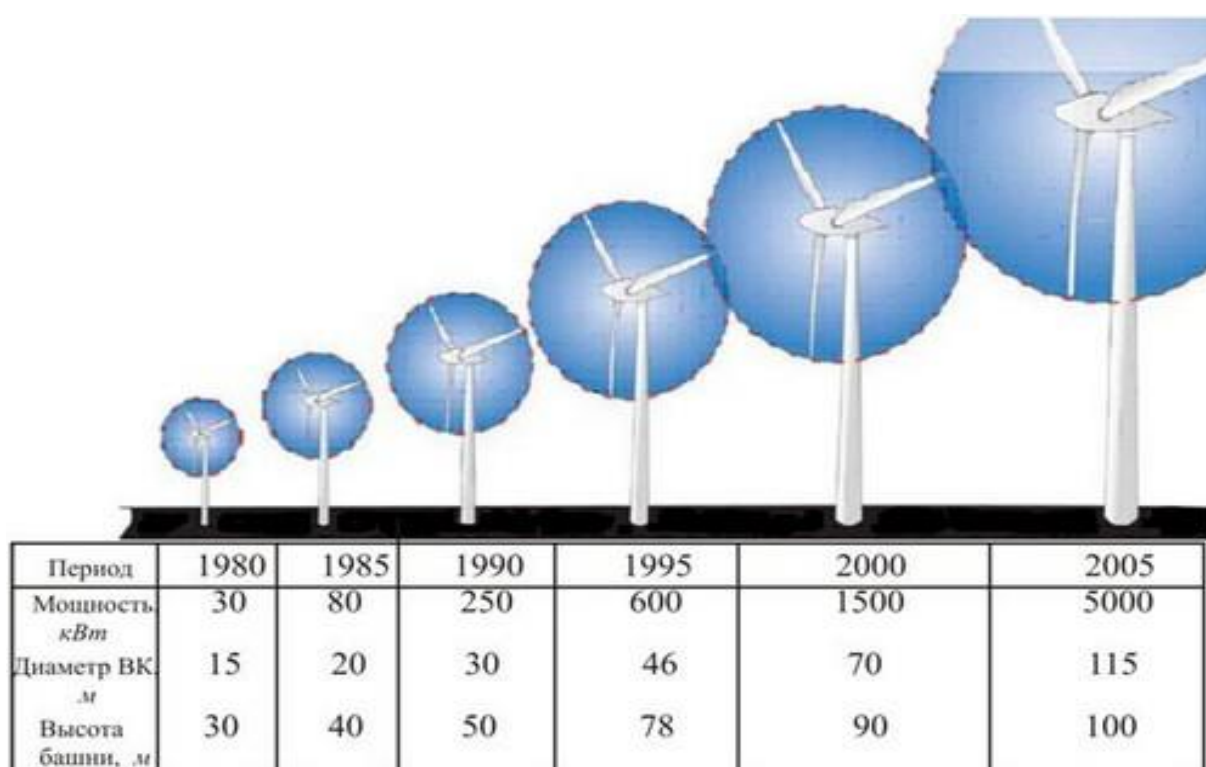


Рис. 2. Увеличение размеров наземных ветровых электростанций [6]

При этом высота башен и диаметр ветрового колеса прямо коррелируют с мощностью электроустановки. 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 электроустановки, 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. 3).



Рис. 3. Разрушенные наземные ветровые электростанции

Центральным фактором обеспечения эффективной работы ветровых электростанций является значение скорости движения ветра, которая существенно увеличивается с высотой (рис. 4). Поэтому в качестве наиболее эффективных альтернативных источников поставок электроэнергии предлагаются ветровые летающие электроустановки, способные эффективно работать на высотах до 10 км.

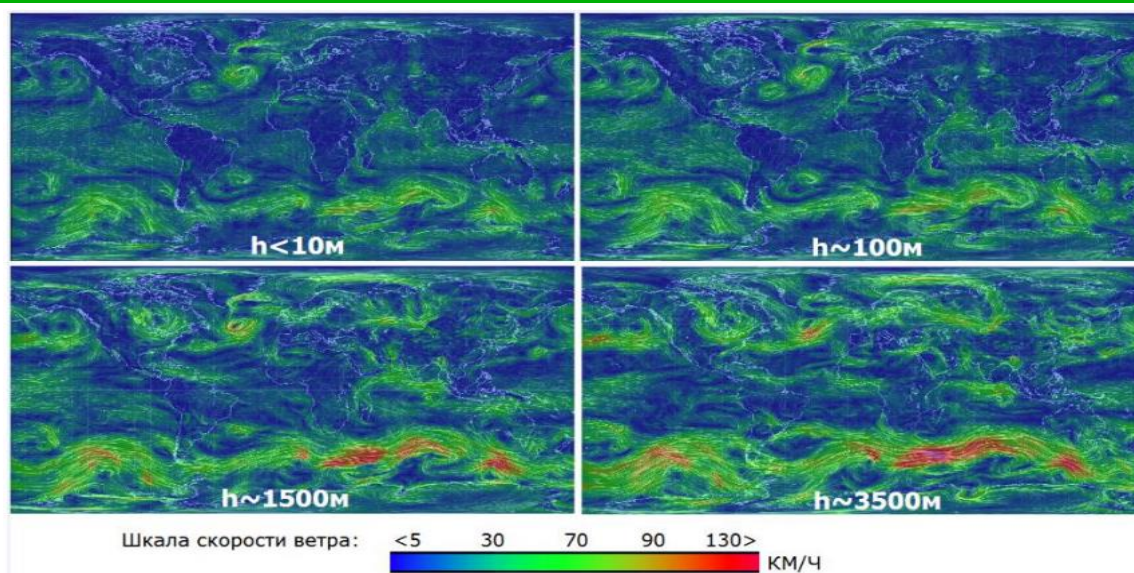


Рис. 4. Карта силы ветров во всем мире на разных высотах от земной поверхности [7]

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 электротурбина, находящаяся в верхних слоях атмосферы производит лишь незначительный шум, а в случае, если ей понадобится техническое обслуживание, то её можно довольно легко спустить лебёдкой 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 электроустановку, 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 такой установке в воздухе.

В настоящее время созданы летающие ветровые турбины Makani, с размахом крыльев 25,9 м, которые оснащены 8 электрогенераторами (рис. 5). В них используются электрические кабели, которые предназначены для передачи производимой электроэнергии на землю. Мощность такой электрогенерирующей машины составляет 600-1000 кВт.



Рис. 5. Ветровые электрогенераторы Makani

Компания Makani Power также разработала летающую высотную ветровую турбину, по своей сути, являющейся огромным кайтом (рис. 6), который будет в состоянии использовать имеющийся значительный энергетический потенциал ветров, существующий на довольно больших высотах.



Рис. 6. Ветряк-кайт

Этот кайт представляет собой 30-метровое монокрыло из углеродного волокна, на котором установлено несколько ветровых турбин. Также на этом крыле закреплено множество датчиков (GPS, барометр, магнитометр и т.д.) и контроллеров, передающих собираемые данные бортовому компьютеру, контролирующему траекторию полета.

Вся эта система связана с землей гибким тросом (длиной 0,5 км), по которому передается генерируемая электроэнергия.

Стартап Kite Gen из Турина (Италия) основывается на следующем инновационном подходе, заключаемом в том, чтобы оставить на земле всё имеющееся электрогенерирующее оборудование, тем самым существенно экономя вес воздушной части конструкции, и вместо этого передавать физическую тягу кручения от кайта на землю по специальному тросу (для последующей выработки электроэнергии).

Чтобы извлечь энергию от ветра на высоте около 900 м, такие энергетические кайты сделаны полужесткими и автоматически пилотируемые. Все тяжелое 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 (парящая) электроустановка, получившая название MARS (Magenn Power Air Rotor System) [8]. В ней, баллон (рис. 7), заполненный гелием, имеет на своей поверхности загнутые под углом лопасти, очень похожие на водозацепы у колеса водяной мельницы.

Аэродинамический поток воздуха действует на них так же, как гидродинамический поток воды на мельничное колесо, и в результате подобная 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.

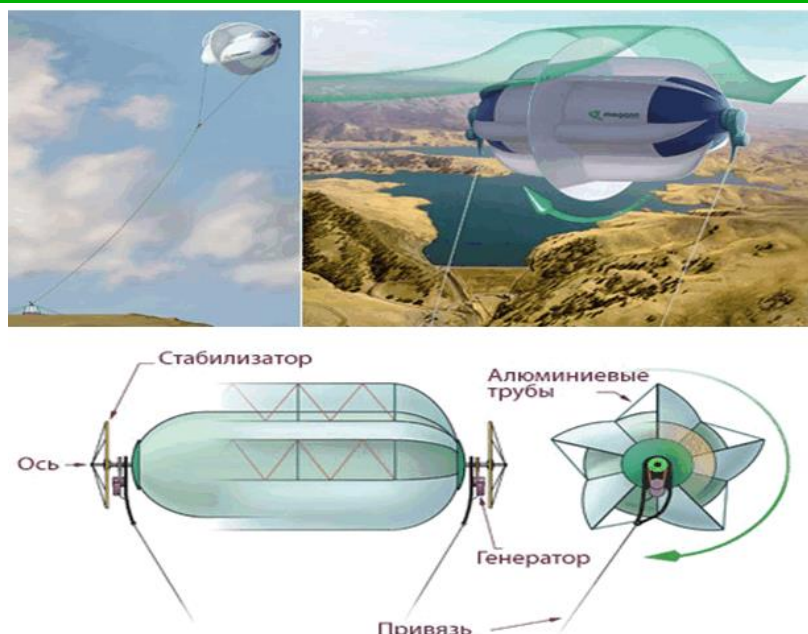


Рис. 7. Летающая электростанция MARS

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

По осуществленным расчетам, MARS сможет нормально работать и производить электроэнергию при скоростях ветра от 1 до 28 м в секунду. Этот диапазон является более широким, чем у распространенных 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 лебедкой и трансформаторная подстанция. 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) подается по специальному кабелю на землю в трансформаторную подстанцию, откуда она может быть направлена для немедленного использования потребителями, либо к общей энергосистеме через электрическую сеть для последующего использования, либо к набору батарей для накопления и хранения электроэнергии.

Magenn Power разрабатывает сейчас целую линейку MARS разных размеров с выходной мощностью от 4 до 100 кВт [6]. Стоимость таких

летающих электрогенераторов составляет от \$3 до \$5 за 1 ватт мощности, а цена на электричество, выработанное ими, — 0,35-0,45 центов за киловатт.

Кроме того, компания Altaeros Energies разработала летающую ветровую турбину — нечто среднее между традиционным ветряком и дирижаблем (рис. 8).



Рис. 8. Летающая электростанция-дирижабль Buoyant Air Turbine

Конструкция летающей ветровой турбины Altaeros довольно проста. Надувная оболочка, заполненная гелием, поднимает электроустановку 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 произвел более чем 2 раза больше электроэнергии на значительной высоте, чем выдал обычный ветряк на традиционной мачте, а стоимость произведенной электроэнергии составляет 2,8 цента за 1 кВт. При этом такая электроустановка 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 самолетов: внутри этих ветровых электроустановок

расположены роторы, которые вращаются под воздействием ветра и генерируют электрический ток. Примером ветровых турбин турбореактивного типа может служить предложенная Flo Design технология [7] основанная на захвате ветра электротурбиной, размещенной на дирижабле, через небольшое отверстие, что делает такую турбину, примерно в 4 раза эффективнее горизонтальных ветровых электростанций.

Выбор места расположения имеет особо важное значение для строительства и успешной эксплуатации ветровых электростанций. При этом 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 ветряных 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 счет масштаба производства и снижением затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание [8,10].

Список литературы

1. Керимов И.А, Дебиев М., Масаев С. Приоритетные направления развития энергетики Чеченской Республики // Энергетическая политика. 2020.
2. Ветровая электростанция // <https://present5.com/wind-turbine-power-plant-introduction-of-wind-turbine>.
3. Воробьев А.Е., Кожогулов К.Ч., Разаков Ж.П., Кожогулов 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.
4. Воробьев А.Е. Программа развития науки и инноваций в Атырауском университете нефти и газа. Lambert Academic Publishing. Mauritius. 2017. 130 с.

5. 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.
6. Лекционная презентация 5 по теме Ветроэнергетика 1 / ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА-Энергомаш.ppt // <https://present5.com/lekcionnaya-prezentaciya-5-po-teme-vetroenergetika-1/>
7. Онищенко Р.А., Кузнецов Е.А. Перспективы использования летающих ветрогенераторов в регионах, испытывающих нехватку электрической энергии // Ростовский научный журнал № 11. 2017. С. 332-337.
8. Дирижабль-электростанция прошел испытания // https://gizmod.ru/2008/05/12/dirizhabl-elektrostantsija_preshel_ispytaniya.
9. 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.
10. 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.

© А.Е. Воробьев, А.А. Хаджиев, 2022