

Парусные энергетические установки наземного базирования: география использования

Залиханов Алим Михайлович^{[0000-0002-2540-6045]1,2}

Чекарев Константин Владимирович^{[0000-0002-5140-5142]1,3}

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²E-mail:bulungu@yandex.ru

³E-mail:konstantintchekarev@yandex.ru

Аннотация. Установки, преобразующие кинетическую энергию ветра в электроэнергию, из-за низкой плотности воздуха имеют большие размеры. Известен вариант парусной энергетической установки, преобразующей энергию ветрового потока в энергию водного потока, который позволяет уменьшить размеры преобразователя энергии, однако при этом возникают сложности при передаче вырабатываемой электроэнергии внешнему потребителю. Предложен вариант парусной энергетической установки наземного базирования, в которой эта проблема снимается. В ходе проведения лабораторных исследований были найдены элементы конструкции, которые могут быть использованы при реализации парусной установки наземного базирования, разработана система передачи вырабатываемой электроэнергии по контактному рельсу. Конструктивные особенности парусных энергетических установок наземного базирования позволяют расширить географическую область использования ветроэнергетических установок и сооружать их в местах, где установки традиционного типа не могут использоваться. Результаты исследования особенностей географических областей, где могут быть использованы парусные энергетические установки наземного базирования представлены в данной статье.

Ключевые слова: ветроэнергетика, возобновляемые источники энергии, ветровая установка, парусная энергетическая установка.

1 Введение

Актуальной проблемой современности является использование возобновляемых источников энергии для получения электроэнергии. Происходит бурное развитие технологий, разработка новых методов, материалов, развитие элементной базы и т.д. Осваиваются новые территории для строительства солнечных станций, ветропарков, приливных станций и других энергообъектов. География строительства установок в возобновляемой энергетике весьма обширна – от пустынь и ледников Антарктиды до высокогорий и морских мелководий. Изучение территорий для определения их потенциала в возобновляемой энергетике является актуальной задачей. Одним из возобновляемых источников, наиболее широко используемых для получения электроэнергии, является ветровая энергия. Вместе с тем, использование кинетической энергии ветра в хозяйственной деятельности насчитывает много веков. Преобразователи энергии ветра в виде ветроколеса использовались только на суше для совершения работы, а преобразователи ветровой энергии в виде паруса использовались в основном на воде для перемещения транспортных средств. Есть много примеров использования парусов для перемещения транспортных средств на суше, но это направление развития не получило. Активное развитие в последние десятилетия новых методов, разработка широкого ряда ветроустановок различного типа позволило строить и успешно эксплуатировать такие энергетические установки в самых различных географических районах и природных условиях. Большой технический и технологический потенциал имеют наземные парусные энергетические установки, имеющие свои уникальные особенности. Изучение физико-географических, экономико-географических, инженерно-геологических и других условий географических областей в которых возможно строительство наземных парусных энергоустановок представляется актуальным.

2 Актуальность исследований и постановка цели

Существуют несколько разработок морских парусных ветроэнергетических установок. Известен вариант морской ветроэнергетической установки повышенной мощности, в которой система жестких парусов удерживается на поверхности воды кольцевым понтоном, который вращается вокруг вертикальной оси [2]. В предлагаемой конструкции энергетической установки проблема создания прочного основания для опоры при больших размерах преобразователей энергии снимается, однако эффективность преобразования ветрового потока при этом уменьшается, поскольку на половине траектории преобразователи ветровой энергии движутся под острым углом к направлению ветра. Установка может работать только при большом диаметре кольцевого понтона, в противном случае

система наветренных парусов будет перекрывать систему парусов, находящихся за ними. Однако при большом диаметре кольцевого понтона волновое воздействие разрушает конструкцию.

Нами были предложены варианты парусной энергетической установки, также позволяющей снять проблему больших размеров преобразователя энергии ветрового потока и проблему устойчивости волновому воздействию [3, 4, 5]. Предложенные варианты энергетической установки содержат парусный катамаран, к корпусам которого снизу прикреплен гидрогенератор, выполненный в виде крыльчатки и электрогенератора. При движении катамарана возникает обтекающий его корпуса водный поток, который вращает крыльчатку гидрогенератора. Катамаран движется циклично по дуговой траектории в заданном угловом интервале, что позволяет увеличить эффективность преобразования энергии ветрового потока. Для движения по такой траектории катамаран выполнен в виде конструкции, симметричной относительно носа и кормы, соединен электрическим кабелем и тросом с бумом, закрепленным на дне водоема, и имеет систему изменения положения парусов и систему управления движением катамарана. Жесткое соединение катамарана с бумом с помощью троса позволяет катамарану двигаться по дуговой траектории. Такое движение позволяет автоматизировать этот процесс [5]. В предлагаемых вариантах энергетических установок их эффективность также оказывается низкой, поскольку часть энергии ветрового потока расходуется на преодоление сопротивления водной среды при перемещении катамарана. Кроме этого, возникают сложности с передачей вырабатываемой электроэнергии внешнему потребителю.

Эффективность парусной энергетической установки можно повысить, и при этом снять проблему передачи вырабатываемой электроэнергии внешнему потребителю, если создать парусную энергетическую установку наземного базирования. Эффективность энергетической установки может быть повышена за счет того, что отсутствует сопротивление при перемещении установки в водной среде, при этом вырабатываемую электроэнергию можно передавать внешнему потребителю по контактному рельсу.

Известен вариант конструкции парусной энергетической установки наземного базирования [6], который является сухопутным аналогом ветроэнергетической морской установки [2]. Установка содержит платформы, соединенные в замкнутый состав, который движется по прямолинейному рельсовому пути. На платформах установлена система парусов, которые меняют положение в зависимости от направления ветра и участка пути. Электроэнергия вырабатывается с помощью электрогенераторов, соединенных с колесами платформ. Как и ветроэнергетическая морская установка [2], предлагаемая конструкция может работать только при большом диаметре рельсового пути, поскольку при малых диаметрах система наветренных парусов будет перекрывать систему парусов, расположенную за ней. Эффективность преобразования энергии ветрового потока, при этом, будет низкой, поскольку на половине пути платформы перемещаются под острым углом к направлению ветра.

Эффективность парусной энергетической установки наземного базирования можно повысить, если состав платформ сделать незамкнутым и изменить характер движения платформ так, как это сделано в парусной энергетической установке [3]. Это означает, что платформы должны двигаться циклично в заданном интервале перемещений и иметь систему изменения положения парусов и систему управления движением платформ для того, чтобы платформы начинали двигаться в противоположную сторону в точках, ограничивающих интервал перемещений платформ. Конструктивные особенности этого варианта парусной энергетической установки позволяют расширить область использования ветроэнергетических установок и сооружать их в тех местах, где энергетические установки традиционного типа не могут использоваться из-за состояния грунта.

Платформа движется под действием аэродинамических сил, действующих на паруса. Важным параметром установки является ее эффективность. Соотношение мощности, развиваемой этой силой, и энергии ветра, поступающей на паруса в единицу времени, определяет коэффициент эффективности. В проведенных нами исследованиях было установлено, что коэффициент эффективности составляет 0,43. Мощность определяется формулой $W = F V$. Величина аэродинамической силы F определяется площадью парусов, которую можно варьировать. V – скорость платформы. Траектория движения платформ выбирается такой, чтобы скорость движения была максимальной при любом изменении направления ветра. В проведенных нами экспериментах скорость от генератора ветрового потока была 1,8 м/с. Соответственно, рассчитанный коэффициент эффективности был получен при этой скорости ветра.

3 Особенности наземных парусных ветроэнергетических установок

Разработанные парусные энергетические установки наземного базирования имеют ряд особенностей.

Основными особенностями являются:

1) модульность конструкции обеспечивает возможность изменять технические параметры, например, варьировать мощность в зависимости от требований, монтировать установку в месте эксплуатации обычными автокранами и другой передвижной автотехникой;

2) простота конструкции установки. Типовые элементы платформ, свай и др., отсутствие сложных и дорогих электронных компонентов, технически сложных элементов и т.д., значительно удешевляет производство;

3) работа установки может быть автоматизирована различными способами;

4) удобная логистика – из-за модульности и особенностей конструкции (простота всех составляющих) она может быть доставлена частями на место строительства;

5) установку при необходимости возможно оперативно передислоцировать на другое место с использованием обычных грузовых транспортных средств.

4 Критерии выбора территорий, перспективных для использования наземных парусных ветроустановок

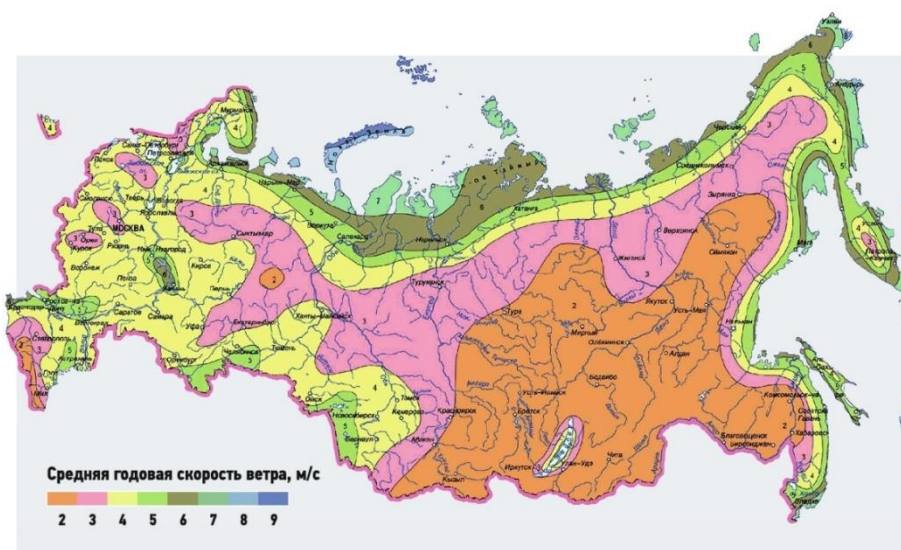
Перечисленные выше особенности парусных энергетических ветроустановок наземного базирования позволяют определить критерии для выбора территорий, перспективных для их размещения.

Таковыми критериями могут являться:

- 1) Наличие достаточного для работы установки ветропотенциала;
- 2) Территории, на которых из-за свойств грунтов строительство традиционных типов ветроустановок невозможно или экономически невыгодно;
- 3) наличие потенциальных потребителей электроэнергии, которую будет вырабатывать наземная парусная ветроустановка.

Рассмотрим территорию Российской Федерации относительно этих критериев.

Ветропотенциал территории России представлен на Рис. 1. На этой карте показано районирование России по средней годовой скорости ветра [12].



Районирование территории Российской Федерации по средней годовой скорости ветра

Рис. 1. Распределение средней годовой скорости ветра на территории России [12].

Как известно, при увеличении высоты над поверхностью, скорости ветра повышаются. При строительстве наземных парусных ветроустановок должны учитываться скорости ветра на высотах до 10 - 15 метров, в зависимости от

конструкции и вертикальных размеров парусов. Поэтому при выборе мест строительства ветроустановок данного типа, наиболее информативно использование карт районирования скоростей ветра на высоте 10 метров над поверхностью. Особенно можно выделить две обширные территории – Заполярье и Дальний Восток. На Рис. 2 а. представлена карта среднегодовой скорости ветра на высоте 10 метров на побережьях арктических морей России и северных островах [13, с измен.]. Практически на всех прибрежных участках и на островах среднегодовые скорости ветра выше 5 м/с. Видно, так же, что на островах архипелагов Северная Земля, Новая Земля и ряде других, среднегодовые скорости ветра выше 8 м/с.

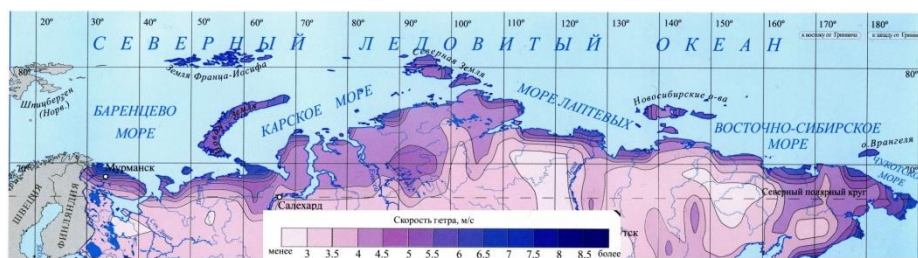


Рис. 2. Среднегодовая скорость ветра высоте 10 м в заполярных областях Российской Федерации [13, с измен.].

На Рис. 2 б. представлена карта прибрежная часть Дальнего Востока России и островов морей этой части Тихого океана [13, с измен.]. Можно отметить наличие прибрежных областей с высокими (свыше 6 м/с) среднегодовыми скоростями ветра на Чукотке, Камчатке, а так же Острове Сахалин, Курильских островах.

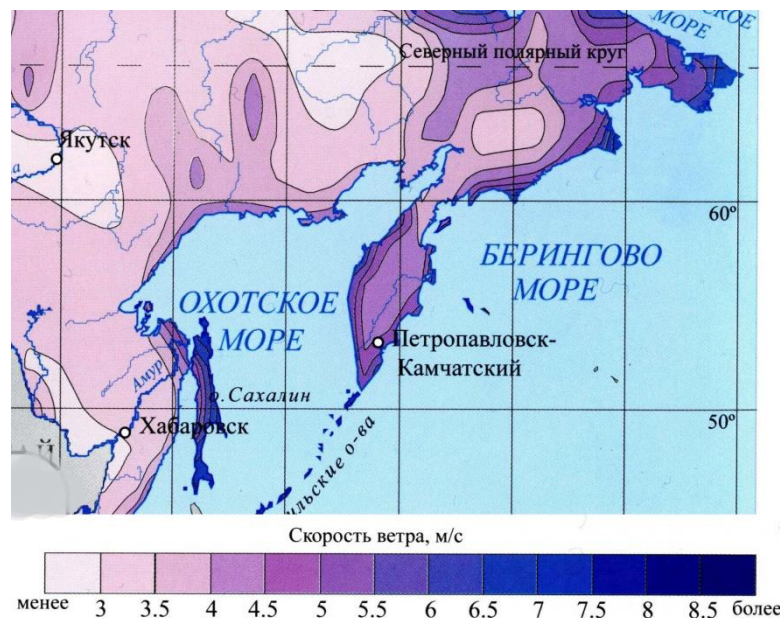


Рис. 2. Среднегодовая скорость ветра высоте 10 м на Дальнем Востоке России [13, с измен.].

При выборе мест благоприятных для строительства парусных наземных энергетических установок необходимо учитывать и возможность строительства более экономически выгодных энергоустановок использующих другие возобновляемые источники энергии, в особенности, солнечную энергию. Как известно, конкуренция со стороны солнечных энергоустановок значительно усилилась в последнее десятилетие в связи с резким падением себестоимости солнечных панелей и другими технологическими инновациями в этой области энергетики. Поэтому, актуально изучение районов с низкими значениями поступающей солнечной радиации при выборе территорий благоприятных для строительства парусных ветроустановок. На Рис. 3 карта суммарной годовой солнечной радиации [13]. Следует отметить высокий гелиопотенциал на тех территориях, кроме северных (арктических), на которых при использовании солнечных электростанций может составлять серьезную конкуренцию ветроэнергетике в этих районах.

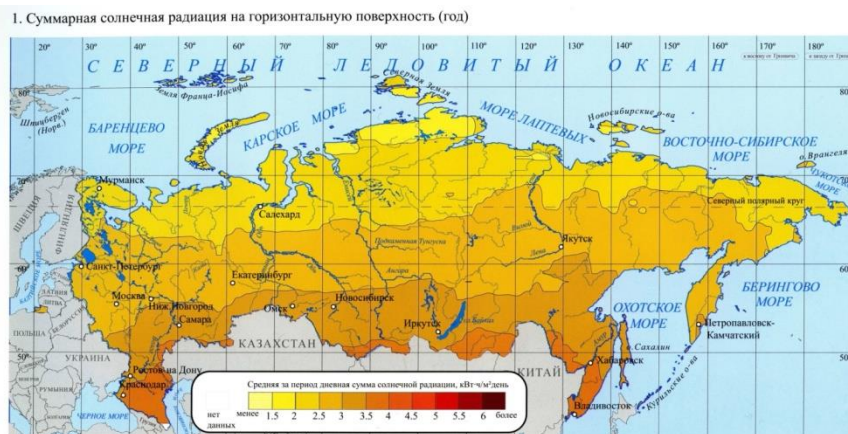


Рис. 3. Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность (в год) [13].

Анализ данных распределения скоростей ветра на высоте 10 м (Рис. 2) выявляет ряд территорий России более с высокими (выше 5,5 м/с.) скоростями ветра – это, в основном, побережья морей Сев. Ледовитого и Тихого океанов, арктические острова, Курильские острова, о. Сахалин, п-ов Камчатка, степные и пустынные районы на юге России – республики Калмыкия, Дагестан, Астраханская и Волгоградская области.

Большое значение при выборе мест строительства наземных парусных ветроэнергетических установок имеют инженерно-геологические условия, в особенности, такие как сложные грунты – обводненные, подверженные эрозии, карсту, многолетнемерзлые и т.д. На большинстве таких территорий возможно строительство и эксплуатация наземных парусных энергоустановок. Проблемы строительства наземных парусных ветроустановок на сложных грунтах позволяет решить использование эстакад, установленных на сваях. Такое техническое решение позволяет устанавливать парусные ветроустановки даже на заболоченных, затопляемых территориях, мелководьях озер, рек, водохранилищ, на песчаных, глинистых, галечниковых берегах морей, рек и озер.

На территории Российской Федерации можно выделить обширные районы с вечной мерзлотой (многолетнемерзлыми грунтами), болот и затопляемых территорий, протяженные береговые линии морей, озер, рек с глинистыми и песчаными отложениями, песчаные пустыни и полупустыни, лёссовые равнины подверженные эрозии и т.д.

Особенное значение для нашей страны имеют районы вечной мерзлоты. Территории, которые занимают многолетнемерзлые породы весьма значительна – 11 млн. км² [14]. Сам возраст таких грунтов может быть значителен – до 1 млн. лет, но верхние горизонты обычно оттаивают в летний период, особенно этот процесс усилился в последние десятилетия в связи с глобальными изменениями климата, вызванного в основном астрономическими, а также антропогенными факторами [15]. Отмечается массовые деформации технических и строительных

конструкций в населенных пунктах, расположенных в этой зоне [16]. Процессы связанные с деградацией вечной мерзлоты и почв территорий с вечной мерзлотой носят массовый характер, вызывая многочисленные технические проблемы освоения и эксплуатации этой зоны.

На Рис. 4 изображена схема распространения вечной мерзлоты на территории России [17].



Рис 4. Карта распространения многолетнемерзлых пород (вечной мерзлоты) на территории России [17].

Большие площади в России занимают болота и подтопьяемые территории. На Рис. 5 изображена карта болот [18].



Рис. 5. Карта болот на территории России [18].

Болота занимают значительную площадь на территории России – 62,3 млн.га, а с учетом заболоченных земель – около 100 млн.га (1 млн. км²) [11]. Наибольшая заболоченность наблюдается в Зап.Сибири – в некоторых частях – до 70 % площадей. Как правило, средняя толщина водно-торфяных слоев северных болот и заболоченных территорий не превышает 10 м., под которыми находятся подстилающие породы обычно ледникового и водно-ледникового происхождения, достаточно прочные чтобы установить на них платформу на сваях. Часто в районах Крайнего Севера под заболоченными территориями и мелководными озерами находятся многолетнемерзлые грунты.

Парусные ветроэнергетические установки наземного базирования можно эффективно использовать как по берегам рек севера Европейской части страны, Сибири, Дальнего Востока, так и на островах в низовьях, дельтах этих рек для снабжения небольших энергопотребителей, в тех районах где не наблюдается катастрофических паводковых, селевых и штормовых явлений.

Высокий ветропотенциал наблюдается на арктических островах, территориях вдоль берегов морей Северного Ледовитого от Мурманской области до Чукотки и Тихого океанов, Курильских островов и Сахалина, Камчатки. Среднегодовые скорости ветра весьма значительны – 5-7,5 м/с, а в ряде мест, например, на Земле Франца-Иосифа, Чукотке и др. – свыше 8,5 м.с. Такие природные особенности заполярных, особенно севернее 70° с.ш., территорий, как полярная ночь зимой, малое число солнечных дней, и, как следствие, малое количество поступающей солнечной энергии на поверхность - менее 1,5 кВт ч/м² в день (Рис. 2), на позволяет использовать солнечные электростанции. При этом, характеристики ветрового режима этих территорий наиболее благоприятны для круглогодичного

использования ветроэнергетических установок различных типов, в том числе и парусных.

Значительные территории занимают пустыни, полупустыни, степи (Рис. 6 [19]). Площади, занимаемые в нашей стране пустынями и полупустынями значительно меньше чем площади болот и вечной мерзлоты. Но в ряде субъектах РФ занимают значительные площади. Особенно в Калмыкии, Дагестане, Волгоградский и Астраханской областях. Во всех этих субъектах отмечается высокий ветровой потенциал. В частности, в Республике Калмыкия – 66 млн. кВт ч [20]. Активное строительство ветропарков и отдельных ветроустановок башенного типа в Калмыкии в прошедшие 20-25 лет в последние годы сильно снизилось. Одной из причин этого является их сложность и дороговизна установки на неустойчивых грунтах. Предлагаемая нами парусная ветроустановка позволяет избежать подобной проблемы при строительстве и эксплуатации энергоустановки.

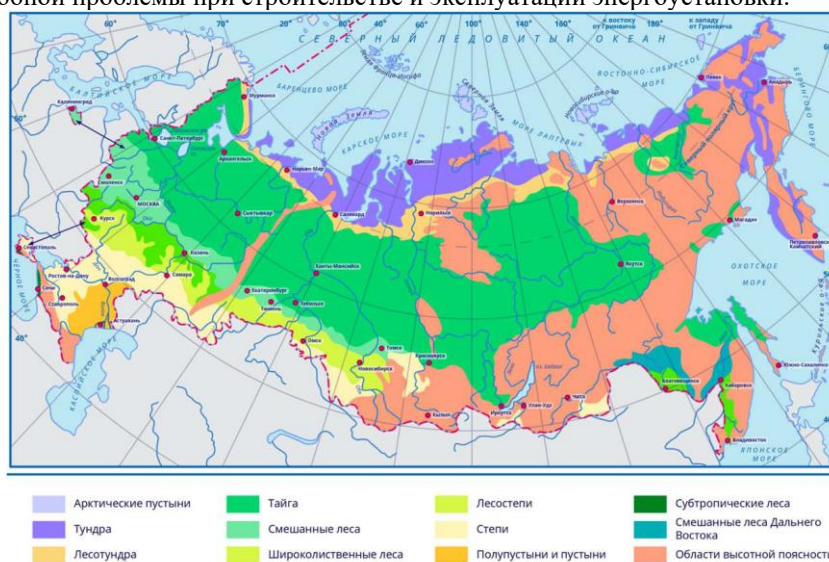


Рис 6. Карта (схема) распространности пустынь и полупустынь в РФ [19].

Важным фактором, влияющим на размещение ветроэнергетических установок является наличие потенциальных потребителей электроэнергии. Такими потребителями могут быть небольшие населенные пункты, временные поселения и стойбища или отдельные организации, такие как геолого-разведочные и др.

Большое разнообразие потребителей имеется в северных и арктических регионах, обусловленное отсутствием централизованного электроснабжения на гигантских территориях. Важными потребителями являются военные объекты, погранзаставы, научно-исследовательские экспедиции, в том числе, на дрейфующих льдинах, гидрометпосты в устьях северных рек, арктических островах, в зоне Северного Морского Пути, небольшие населенные пункты, геолого-

разведочные партии, золотодобывающие артели, зверо- и рыбопромысловые бригады, крупные стойбища коренных народов и др.

В пустынных районах это, помимо небольших населенных пунктов, сельскохозяйственные артели, животноводческие артели, фермерские хозяйства.

Совокупность рассмотренных факторов определяющих наиболее благоприятные условия для строительства и эксплуатации парусных энергетических ветроустановок показывает возможность использования данных установок на значительной территории Российской Федерации. Наиболее предпочтительными районами по выше приведенным критериям оказываются территории побережий арктических морей и островов.

5 Выводы

Согласно использованным критериям оценки территории России и методики, были:

1. определены возможные конструктивные решения наземных парусных ветроэнергетических установок, пригодные для использования в различных природных зонах;
2. установлены факторы отбора территорий на которых можно устанавливать и эффективно эксплуатировать наземные парусные энергоустановки;
3. определены некоторые территории наиболее благоприятные для строительства наземных парусных ветроэнергетических установок.

Сравнительный анализ рассмотренных регионов Российской Федерации, позволяет, опираясь на установленные выше критерии отбора наиболее перспективных для строительства наземных парусных ветроэнергетических установок, сделать вывод о высокой перспективности строительства этого типа ветроустановок в северных районах, особенно на арктических островах и побережьях арктических морей – областях, выделяющихся высоким ветропотенциалом и очень низким потенциалом солнечной энергии, и имеющих потенциальных потребителей для вырабатываемой электроэнергии.

Литература

1. https://www.yachtrussia.com/articles/2016/10/21/articles_391.html
2. Чебоксаров В.В., Кузнецов Н.Н. Гибридные ветро-солнечные морские энергетические установки // Строительство и технологическая безопасность. №18 (70), 2020. С.67-81.
3. Патент № 2745173 РФ, МПК В63В 35/44 (2006.01) / Парусная энергетическая установка; № 2020128596, заявл. 2020.08.28 / Чекарев К.В., Дегтярев К.С., Залиханов А.М. – заявители и правообладатели // «Изобретения. Полезные модели». 2021. № 9
4. Чекарев К.В., Залиханов А.М. Катамаран как парусная энергетическая установка: увеличение скоростных характеристик. // Окружающая среда и энерговедение. №2 (10), 2021, с. 96-107.

5. Чекарев К.В., Залиханов А.М., Дегтярев К.С. Парусные энергетические установки. // География возобновляемых источников энергии. ИД «Энергия», М., 2021. С.180-197.
6. Патент № 2125182 РФ, МПК F 03 D 5/04 / Ветроэнергетическая установка; № 96123627/06, заявл. 1996.12.16 / Цыбульников С.И. - заявитель и правообладатель.
7. Чекарев К.В., Залиханов А.М. Парусная энергетическая установка наземного базирования. // Окружающая среда и энергосистемы. №2 (14), 2022. С.77-90. [http://jeees.ru /category/journal/2022-2/](http://jeees.ru/category/journal/2022-2/)
8. Аэродинамика и гидродинамика. sea-man.org/aerodinamuka-parusa
9. <https://inauka.ru/sport/2022/12/13/komanda-novoi-zelandii-ystanovila-rekord-nazemnoi-skorosti-na-vetrodvigateliah/>
10. Берёзкин М.Ю., Залиханов А.М., Чекарев К.В. Парусные энергетические установки: экспериментальные исследования. // Процессы в геосредах. №1, 2023. С.1960-1967.
11. Чекарев К.В., Залиханов А.М., Соловьев Д.А. Автономная парусная энергетическая установка. // Изобретения. Полезные модели. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ). № 34, 2022.
12. Дегтярев К.С. Возобновляемая энергетика в Калмыкии: опыт, проблемы и перспективы региона. // Сантехника, отопление, кондиционирование. № 7, 2017.
13. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. М., 2010.
14. Экологический энциклопедический словарь. ИД «Ноосфера», М., 2002 г., с.388.
15. Федоров В.М., Залиханов А.М., Фролов Д.М. Инсоляционная контрастность как фактор изменения глобального климата Земли. // Окружающая среда и энергосистемы. № 1 (17), 2023. С.44-65.
16. Нефедова Л.В., Соловьев А.А., Соловьев Д.А. Энергетическое обеспечение Арктической зоны России в условиях воздействия глобальных климатических изменений. // в Сб. «Энергосистемы, география и окружающая среда». ИД «Энергия», М., 2020 г., с. 114.
17. www/moya-planeta.ru
18. [www/biblioteka.ru/2-6-97-bolota-v-biosfere/16.htm](http://www.biblioteka.ru/2-6-97-bolota-v-biosfere/16.htm)
19. [www/mirvu.ru](http://www.mirvu.ru)
20. Дегтярев К.С., Сангаджиев М.М., Манджиева Т.В. Энергетика на возобновляемых источниках в республике Калмыкия – потенциал, опыт и перспективы. Изд-во КалмГУ. Элиста, 2020, с.16.

References

1. https://www.yachtrussia.com/articles/2016/10/21/articles_391.html
2. Cheboksarov V.V., Kuznecov N.N. Gibridnye vetro-solnechnye morskije energeticheskie ustanovki // Stroitel'stvo I tekhnologicheskaja bezopasnost'. №18 (70), 2020. p.67-81.
3. Patent RU 2745173 C1 / B63B 35/44 (2006.01) / Sailing power plant / Application: # 2020128596, 2020.08.28 / Chekarev K.V., Degtyarev K.S., Zalikhonov A.M. – inventors and proprietors // Izobreteniya, Poleznyja modeli / 2021, # 9
4. Chekarev K.V., Zalikhonov A.M. Katamaran kak parusnaya energeticheskaya ustanovka: uvlivenie skorostnykh harakteristik. // Okruzhayushchaya sreda I energovedenie. №2 (10), 2021, p. 96-107.

5. Chekarev K.V., Zalikhhanov A.M., Degtyarev K.S. Parusnye energeticheskie ustanovki. // Geografiya vozobnovlyaemykh istochnikov energii. ID «Energiya», M., 2021. p.180-197.
6. Patent RU 2125182 C1 / F 03 D 5/04 / Wind-electric Power Plant /Application: # 96123627/06, 16.12.1996 / Tsybul'nikov S.I. - inventor and proprietor //
7. Chekarev K.V., Zalikhhanov A.M. Parusnaya energeticheskaya ustanovka nazemnogo ba-zirovaniya // Okruzhayushchaya sreda I energovedenie. №2 (14), 2022. p.77-90. <http://jeees.ru/category/journal/2022-2/>
8. Aerodinamika I gidrodinamika. sea-man. org/aerodinamuka-parusa
9. <https://inauka.ru/sport/2022/12/13/komanda-novoi-zelandii-ystanovila-rekord-nazemnoi-skorosti-na-vetrodvigateliah/>
10. Berezkin M., Zalikhhanov A.M., Chekarev K.V. Parusnjia energeticheskie ustanovki: eksperimentalnaya issledovaniya. // Prosessy v geosredah. # 1, 2023, S. 1960-1967.
11. Chekarev K.V., Zalikhhanov A.M., Soloviev D.A. Avtonomnaya parusnaya energeticheskaya ustanovka. // Izobreneniya. Poleznyia modeli. (ROSPATENT). # 34, 2022.
12. Degtyarev K.S. Vozobnovliaemaya energetika v Kalmykii: opyt, problem I perspektivy regiona. // Santechnika, otoplenie, konditsirovanie. #7, 2022.
13. Popel O.S., Frid S.E., Kolomiets U.G., Kiseleva S.V., Terehova E.N. Atlas resursov solnechnoi energii na territorii Rossii. Moskva, 2010.
14. Ekologicheskii entchiklopedicheskii slovar. ID “Noosfera”, M., 2002.
15. Feodorov V.M., Zalikhhanov A.M., Frolov D.M. Insoliatsionnaya kontrastnost kak factor izmeneniya globalnogo klimata Zemli. // Okruzhayushchaya sreda I energovedenie. №1 (17), 2023. p.44-65. <http://jeees.ru/category/journal/2023-1/>
16. Nefedova L.V., Soloviev A.A., Soloviev D.A. Energeticheskoe obespechenie Arkticheskoi zony Rossii z uslovch vozdeistviya globalnykh klimaticheskikh izmenenii. // “Energovedenie, geografia I okruzhayushchaya sreda”. ID “Energiya”, M., 2020.
17. [www//moya-planeta.ru](http://moya-planeta.ru)
18. [www/bibliotekaar.ru/2-6-97-bolota-v-biosfere/16.htm](http://bibliotekaar.ru/2-6-97-bolota-v-biosfere/16.htm)
19. [www/mirvu.ru](http://www.mirvu.ru)
20. Degtyarev K.S., Sangadzhiev M.M., Mandzhiva T.V. Energetika na vozobnovliaemykh istochnikakh v respublike Kalmykia – potenchifl, opyt I perspektivy. Elista. 2020.

Land-Based Sailing Power Plant: Geography of Use

Alim Zalikhanov^{1,2}
Konstantin Chekarev^{1,3}

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²E-mail: bulungu@yandex.ru,

³E-mail: konstantintchekarev@yandex.ru

Abstract. Installations that convert kinetic wind energy into electricity have large dimensions due to the low air density. A variant of a sailing power plant is known that converts the energy of a wind stream into the energy of a water stream, which allows reducing the size of the energy converter, however, difficulties arise when transferring the generated electricity to an external consumer. A variant of a land-based sailing power plant is proposed, in which this problem is removed. In the course of laboratory research, structural elements were found that can be used in the implementation of a land-based sailing installation, a system for transmitting generated electricity along a contact rail was developed. The design features of land-based sailing power plants make it possible to expand the geographical area of use of wind power plants and to construct them in places where traditional-type installations cannot be used. The results of the study of the features of geographical areas where land-based sailing power plants can be used are presented in this article.

Keywords: windpower, renewable energy sources, wind plant, sailing power plant.