

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки)

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем электроснабжения

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Повышение эффективности энергоснабжения в труднодоступных территориях

Обучающийся

Терехин С.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

д.т.н., профессор, П.А. Николаев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2023

Содержание

Введение	3
1 Структура ГЭС	5
1.1 Типы ГЭС.....	7
1.2 Преимущества ГЭС	11
1.3 Недостатки ГЭС	12
1.4 Воздействие на окружающую среду	14
1.5 Экономическая целесообразность.....	15
2 Возобновляемые источники энергии	19
2.1 Ветряная энергия.....	20
2.2 Солнечная энергия	33
2.3 Вспомогательные системы очистки оборудования зеленой энергетики СЭС.....	40
2.4 Вспомогательные системы очистки оборудования зеленой энергетики ВЭС	48
2.5 Вспомогательные системы очистки оборудования зеленой энергетики ГЭС.....	51
3 Анализ рек Урала и Чечни для расчета и установки малой ГЭС и гибридных систем энергоснабжения.	54
3.1 Разработка и расчеты малых ГЭС	59
3.2 Гибридные системы энергоснабжения для удаленных участков	72
Заключение	80
Список используемой литературы	81

Введение

За последние два столетия промышленная деятельность, вырубка лесов и сжигание ископаемого топлива привели к выбросу в атмосферу высоких концентраций улавливающих тепло агентов, называемых парниковыми газами (ПГ). В то время как определенное количество парниковых газов важно для поддержания нашего климата теплым и пригодным для жизни, эти более высокие концентрации нагревают поверхность Земли до температур, которые угрожают жизни на нашей планете. Углекислый газ (CO₂) и метан являются двумя парниковыми газами, количество которых резко увеличилось из-за деятельности человека. С проблемами, с которыми сталкивается глобальное потепление, мир сталкивается с угрозой спроса на энергию. Целью этого краеугольного камня является поощрение использования возобновляемых источников энергии для наилучшего решения этих проблем путем предоставления подробной информации о научных, экономических и политических предпосылки двух видов возобновляемых источников энергии: гидроэлектроэнергии и энергии приливов. В работе рассматриваются несколько ключевых тем, в том числе: как функционируют возобновляемые источники энергии? [17] Преимущества/недостатки, влияние на окружающую среду, экономическая осуществимость, текущая выработка электроэнергии/мощность и прогнозы на будущее. Исследования показали, что приливная и гидроэлектроэнергия имеют свои преимущества и недостатки с точки зрения экономической целесообразности. Хотя обе технологии могут обеспечить достаточное количество энергии для поддержания общества, они не могут удовлетворить энергетические потребности мира в одиночку. Необходимо использовать многогранный подход для объединения этих энергетических ресурсов с другими возобновляемыми источниками энергии для поддержания жизни людей в глобальном масштабе. Гидроэлектроэнергия и энергия ветра должны использоваться соответствующим образом, чтобы наилучшим образом

соответствовать географическому положению страны, поскольку каждая страна имеет свои собственные уникальные природные ресурсы, которые можно предложить для общего производства электроэнергии [1].

Для достижения поставленной цели в магистерской работе планируется решить следующие задачи:

- Проанализировать существующие системы ГЭС, СЭС, ВЭС;
- Проанализировать географическую карту РФ в сфере ветров, солнечной радиации, рек и гор;
- Проанализировать поддерживающие системы зеленой энергетики;
- Разработать мини ГЭС и рассчитать мощности для горных регионов РФ, рассмотреть гибридное обособленное энергоснабжение.

По теме диссертации опубликовано 2 научные статьи.

- Терехин С.В., Чемагин А.А. Влияние малых гидроэлектростанций вдоль рек на распределение водного биоразнообразия. // Электронный сборник студенческих работ международной научно-практической конференции «Концепции, теория и методика фундаментальных и прикладных научных исследований». Самара. 2023., с.88-90.
- Терехин С.В., Чемагин А.А. Анализ существующих структур АСКУЭ. // Электронный сборник студенческих работ международной научно-практической конференции «Концепции, теория и методика фундаментальных и прикладных научных исследований». Самара. 2023., с.109-112.

Структура и объём работы.

Структура: введение, 3 раздела, заключение, список используемой литературы и используемых источников, включающий 31 наименование.

Объем: 84 страницы машинописного текста.

1 Структура ГЭС

Количество электроэнергии, которую может производить гидроэлектростанция, зависит от количества воды, проходящей через турбину (объем потока воды) и высоты, с которой вода «падает» (напор). Чем больше поток и напор, тем больше производится электроэнергии. Чтобы использовать энергию текущей воды, воду необходимо сначала контролировать. Таким образом, создается большое водохранилище, обычно путем перекрытия реки для создания искусственного озера или водохранилища. Затем вода направляется через туннели в плотине. Сила воды, протекающей через туннели плотины, заставляет вращаться турбины, а турбины, в свою очередь, приводят в движение генераторы. Генераторы – это машины, которые производят электроэнергию. Трансформатор внутри фактической электростанции принимает переменный ток и преобразует его в ток более высокого напряжения. Инженеры контролируют систему водозабора. Когда требуется много энергии, большинство туннелей к турбинам открыты, и через них проходят миллионы галлонов воды. Когда требуется меньше энергии, инженеры могут замедлить работу впускной системы, закрыв некоторые туннели. Существуют также отводные трубопроводы, по которым использованная вода возвращается в реку вниз по течению для повторного использования. С экологической точки зрения это отличный способ контролировать количество производимой энергии, поскольку вода практически не тратится впустую. Используется только реально необходимая сумма. Во время паводков водозаборной системе помогает водосброс. Водосброс — это, по сути, сооружение, которое позволяет воде течь прямо в реку или другой водоем ниже плотины, минуя все туннели, турбины и генераторы. Водосбросы предотвращают повреждение плотины и сообщества, окружающего плотину. Водосбросы выглядят как длинные пандусы и, как правило, большую часть времени пусты и сухи, если только это не требуется в случае затопления системы.

Вода в водохранилище считается потенциальной запасенной энергией. Когда ворота открываются, потенциальная энергия воды, протекающей через затвор, становится кинетической энергией, потому что она находится в движении. Количество вырабатываемой электроэнергии определяется несколькими факторами. Двумя из этих факторов являются объем потока воды и величина гидравлического напора. Напор относится к расстоянию между поверхностью воды и турбинами. По мере увеличения напора и расхода увеличивается и вырабатываемая электроэнергия. Плотность энергии и энергия окружающей среды.

Гидроэлектростанции, по сути, улавливают энергию, выделяемую водой, падающей по вертикали, и преобразуют эту энергию в полезную электроэнергию. Как правило, падающая вода проходит через турбину, которая преобразует энергию воды в механическую энергию. Вращение водяных турбин передается генератору, вырабатывающему электроэнергию. Важный расчет, который следует учитывать при построении и определении того, какой расход воды необходим для получения определенного количества кВт электроэнергии на гидроэлектростанцию, заключается в следующем уравнении/расчете [9]:

$$P = eHQg, \quad (1)$$

где P – выходная электрическая мощность, кВт;

e – эффективность;

H – напор в метрах (насколько далеко находится капля воды);

Q – расчетный расход, м³/с;

g – гравитационная постоянная, 9,81 м/с²[4].

1.1 Типы ГЭС

Как уже упоминалось, гидроэлектростанции обычно можно разделить на две категории. Электростанции «Высокий напор» и «Низкий напор». «Высокий напор» является наиболее распространенным и обычно использует плотину для хранения воды на большей высоте. Использование плотины также дает возможность накапливать воду в дождливые периоды и сбрасывать ее в засушливые периоды. Это приводит к стабильному и, следовательно, надежному производству электроэнергии, способной удовлетворить более высокие потребности. Напор для этого типа силовой установки может быть больше 1000 метров. Высоконапорные электростанции с накопителями очень ценны для электроэнергетических компаний, поскольку их можно быстро настроить для удовлетворения потребности в электроэнергии в распределительной системе [10].

Гидроэлектростанции с низким напором – это электростанции, которые обычно используют напор всего несколько метров или меньше. Электростанции этого типа могут использовать низкую плотину для отвода воды или не использовать плотину, а просто использовать «русло реки». Речные электростанции не могут накапливать воду, поэтому их электрическая мощность зависит от сезонного расхода воды в реке. Большой объем воды должен пройти через турбины гидроэлектростанции с низким напором, чтобы произвести полезное количество энергии [11].

Гидроэлектростанции мощностью менее примерно 25 мегаватт (1 МВт = 1 000 000 ватт) обычно называют «малыми гидроэлектростанциями», хотя гидроэнергетическая технология в основном одинакова независимо от генерирующей мощности.

Уравнение, которое лучше всего описывает соотношение «высокий напор» и «низкий напор», — это закон Дарси. Закон Дарси позволяет оценить среднее время прохождения от истока водоносного горизонта до точки, расположенной ниже по течению. Он обеспечивает точное описание

потока подземных вод почти во всех гидрогеологических средах. Генри Дарси был французским инженером, изучавшим движение воды через песок в 1856 году. Он обнаружил, что скорость потока воды через трубку пропорциональна разнице в высоте воды между двумя концами трубки и обратно пропорциональна длине трубки. Он также обнаружил, что поток пропорционален коэффициенту K , который называется гидравлической проводимостью. Хотя закон Дарси был основан только на медленно движущихся грунтовых водах в замкнутых водоносных горизонтах, большинство законов помогло разработать уравнения для других условий водоносных горизонтов, которые мы используем сегодня, таких как гидроэнергетика. Уравнение для закона Дарси:

$$Q = - KA[(h_A - h_B) / L] \text{ ИЛИ } Q = - KA(dh/dl), \quad (2)$$

где Q – объем потока воды в м³/день;

K – гидравлическая проводимость в футах/день;

A – площадь поперечного сечения в фут²;

dh/dl – гидравлический градиент (изменение напора, dh в зависимости от расстояния, dl).

Отрицательный знак указывает на направление потока, которое направлено к нижнему гидравлическому напору. Идея состоит в том, что подземные воды текут или перемещаются из областей с более высоким гидравлическим напором в области с более низким гидравлическим напором, как упоминалось ранее. На основе работы Дарси мы можем оценить скорость воды или скорость движения воды между точками (как в случае с гидроэлектрическими турбинами). Скорость рассчитывается с использованием гидравлической проводимости, пористости и гидравлического градиента. Уравнение, используемое для расчета скорости воды, выглядит следующим образом:

$$V = (K/n) (dh/dl), \quad (3)$$

где n – пористость;

K – константа пропорциональности (способ связать приведенный расход с потерями напора и длиной колонны);

dh/dl – гидравлический градиент.

«Гидроаккумулирование» — еще одна форма гидроэнергетики. Насосные водохранилища используют избыточную мощность электрической системы, обычно доступную в ночное время, для перекачки воды из одного резервуара в другой резервуар, расположенный на большей высоте. В периоды пикового спроса на электроэнергию вода из верхнего резервуара сбрасывается через турбины в нижний резервуар, и производится электроэнергия. Хотя гидроаккумуляторы не являются чистыми производителями электроэнергии (на самом деле для перекачки воды требуется больше электроэнергии, чем восстанавливается при ее сбросе), они являются ценным дополнением к системам электроснабжения. Их ценность заключается в их способности накапливать электроэнергию для использования в более позднее время, когда возникают пиковые нагрузки.

При проектировании гидроэлектростанции необходимо учитывать ряд элементов и оборудования. Размер плотины, размер и глубина бассейна, контрольные ворота, турбины, генераторы, трансформаторы и т. д. надо всех осмотреть. Стратегическое расположение гидроэлектростанций находится рядом с водопадами, поскольку вода, стекающая по линии падения, полна энергии и может обеспечить электричеством миллионы домов. Известным примером этого является гидроэлектростанция у Ниагарского водопада, расположенная на границе между США и Канадой. Однако крупнейшей гидроэлектростанцией в мире является плотина «Три ущелья», перекинутая через реку Янцзы в Китае. Его высота 185 метров, а толщина у основания 115 метров (Отдел водных ресурсов). Он имеет в общей сложности 26 турбин и общую генерирующую мощность 18 000 мегаватт, которая снабжает

энергией миллионы домов, предприятий и школ по всему Китаю. Хотя плотина «Три ущелья» работает, инженеры все еще работают над повышением ее эффективности. В настоящее время они добавляют к проекту еще больше турбин и генераторов [16].

Ниже показано, как выглядит внутри гидроэлектростанция:

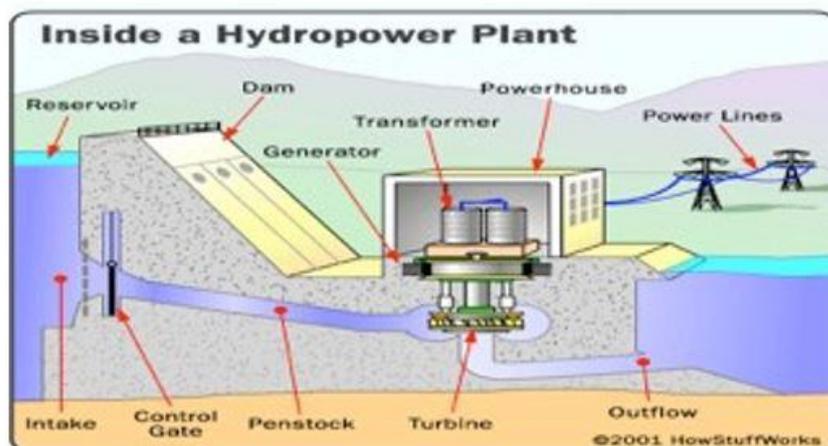


Рисунок 1 – Устройство ГЭС

Гидроэнергетика обеспечивает почти всю энергию для некоторых стран. Норвегия, Бразилия и Демократическая Республика Конго получают более 90% электроэнергии от гидроэлектростанций. Крупнейшей гидроэлектростанцией США является электростанция Гранд-Кули мощностью 6800 мегаватт на реке Колумбия в штате Вашингтон. Построенная в 1942 году, Гранд-Кули сегодня является одной из крупнейших гидроэлектростанций в мире после гидроэлектростанции Итайпу мощностью 13 320 мегаватт на реке Парана между Парагваем и Бразилией. В 2009 году она произвела почти 58 миллионов мегаватт гидроэлектроэнергии. Кроме того, плотина Гувера, одна из крупнейших плотин, была построена во время Великой депрессии. Плотина Гувера все еще используется, обеспечивая электроэнергией 1,7 миллиона человек в Аризоне, Калифорнии и Неваде. Его

часто считают великим инженерным сооружением, и он назван в честь Герберта Гувера, президента США, который помог осуществить проект. С точки зрения того, сколько энергии система может производить, гидроэлектростанции обычно имеют размер от нескольких сотен киловатт до нескольких сотен мегаватт, но несколько огромных электростанций имеют мощность около 10 000 мегаватт, чтобы снабжать электричеством миллионы людей. По данным Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии, общая мощность мировых гидроэлектростанций составляет 675 000 мегаватт, что позволяет производить более, но несколько огромных электростанций имеют мощность около 10 000 мегаватт, чтобы снабжать электричеством миллионы людей. По данным Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии, общая мощность мировых гидроэлектростанций составляет 675 000 мегаватт, что позволяет производить более 2,3 трлн киловатт-часов электроэнергии ежегодно; поставляет 24% электроэнергии в мире [14].

1.2 Преимущества ГЭС

Есть много преимуществ относительно того, почему мы должны использовать гидроэлектроэнергию и инвестировать в нее. Первое преимущество заключается в том, что после постройки плотины электроэнергия может производиться с постоянной скоростью. Если электричество не нужно, то ворота «шлюза» можно закрыть, чтобы остановить выработку электроэнергии. Это также является преимуществом, поскольку воду можно сохранить для использования в другой раз, когда спрос на электроэнергию высок. Озеро, которое образуется за плотиной, можно использовать для занятий водными видами спорта и других видов активного отдыха. Часто большие плотины становились достопримечательностями для туристов. Еще одно преимущество заключается в том, что при использовании электроэнергия, вырабатываемая

системами плотин, не производит парниковых газов и не загрязняет атмосферу каким-либо образом, как это делают газовые, угольные или нефтяные электростанции. Сегодня гидроэнергетика предотвращает выброс парниковых газов, соответствующий сжиганию 4. 4 миллиона баррелей нефти в день по всему миру, что является очень значительным количеством. Гидроэлектроэнергия также способствует хранению питьевой воды, поскольку резервуары электростанций собирают дождевую воду, которую затем можно использовать для потребления или для орошения. Запасая воду, они защищают грунтовые воды от истощения и снижают нашу уязвимость перед наводнениями и засухами. Гидроэнергетика также способствует гарантированной стабильности энергии и цен. Речная вода является бытовым ресурсом, который, в отличие от топлива или природного газа, не подвержен рыночным колебаниям. Кроме того, средний срок службы гидроэлектростанций составляет от 50 до 100 лет, и это долгосрочные инвестиции, которые могут принести пользу разным поколениям.

1.3 Недостатки ГЭС

Как и у любой технологии возобновляемой энергии, у гидроэлектроэнергии также есть различные недостатки. Первый недостаток заключается в том, что он нарушает водные экосистемы. Плотины, построенные поперек рек, могут беспокоить водную жизнь и приводить к их крупномасштабному разрушению. Существует вероятность того, что рыба и другие водные животные могут попасть в водовод и, в конечном итоге, в турбины электростанции, где они погибнут. Плотины также могут мешать брачным сезонам и местам спаривания водных животных. В некоторых случаях водным животным приходится плыть против течения воды в период размножения. Если на пути мигрирующих рыб построить плотину, они могут застрять.

Там и убивали, так и не дойдя до места назначения. Это может привести к уничтожению популяции рыб. Еще одним недостатком плотин гидроэлектростанций являются разрушения, которые они вызывают в прилегающих районах. Растительный и животный мир вокруг рек процветает благодаря постоянному течению пресной воды в реке. Из-за строительства дамб приходится расчищать множество территорий, нарушающих растительный и животный мир. Во многих случаях приходится вырубать деревья, что уничтожает не только растительную жизнь, но и зависящих от них животных. Даже изменение русла течения воды в реке из-за строительства плотины нарушает растительный и животный мир. Третий недостаток заключается в том, что для этого требуются большие земельные площади, поскольку для их подключения к национальной сети необходимы электростанции и трансформаторы. Это требует вырубки лесов, нарушая работу многих местных, природные экосистемы. Наконец, поскольку плотины строятся в таких больших масштабах, людям часто приходится переезжать. Это становится довольно неудобным для многих людей и, таким образом, вызывает массовые протесты и восстания против строительства плотин. В Индии, например, большое сопротивление одному из крупнейших гидроэнергетических проектов под названием «Сардар Саровар». Хотя миллионы людей получают выгоду от проекта, правительство не решило важный вопрос переселения людей, которые были перемещены из прилегающих районов проекта. Это привело к одной из крупнейших акций протеста в истории Индии, в ходе которой были голодовки, марши протеста и даже нападения полиции на протестующих. поскольку плотины строятся в таких больших масштабах, людям часто приходится переезжать. Это становится довольно неудобным для многих людей и, таким образом, вызывает массовые протесты и восстания против строительства плотин.

1.4 Воздействие на окружающую среду

С точки зрения воздействия на окружающую среду / отходов, гидроэнергетика имеет свою долю недостатков. Хотя гидроэнергетика позволяет производить электроэнергию без использования ископаемого топлива и без его выбросов, эта технология имеет различные последствия для окружающей среды. Первое воздействие на окружающую среду заключается в том, что, поскольку для работы гидроэлектростанций требуются большие водохранилища, это может вызвать затопление берегов рек, что может разрушить биологически богатые районы, такие как места обитания водно-болотных угодий. Еще одно воздействие на окружающую среду приходится на тропические регионы: резервуары электростанций могут производить значительное количество метана из-за разложения растительного материала в затопляемых районах, который является парниковым газом. Резервуары могут собирать отложения, которые концентрируют питательные вещества, а также загрязняющие вещества. Когда эти отложения накапливаются, то это приводит к мельчанию водоемов. Согласно отчету Всемирной комиссии по плотинам, «где водохранилище велико по сравнению с генерирующей мощностью (менее 100 ватт на квадратный метр площади поверхности) и перед засыпкой водохранилища не проводилась вырубка лесов в этом районе, выбросы парниковых газов из водохранилища могут быть выше, чем у обычной тепловой электростанции, работающей на жидком топливе». Таким образом, это вызовет гораздо больший ущерб и выброс метана, чем при естественном распаде леса. Некоторыми ключевыми факторами, влияющими на выбросы из водохранилища, являются дегазация, например, удаление газов из воды, пузырьки метана, рост и разложение планктона, разложение затопленной биомассы и почвы, поступление углерода из водораздела, рост и разложение водных растений, длина годового льда. покрытие, диффузия CO₂.

Эксплуатация электростанции может также привести к повышению температуры воды в водохранилище, что может привести к миграции растений и животных вблизи плотины в другие места, тем самым изменив местную естественную среду обитания в регионе. Еще одно воздействие заключается в том, что гидроэлектростанции могут нарушить водные экосистемы как вверх, так и вниз по течению от площадки электростанции. Например, некоторые исследования показали, что плотины, расположенные вдоль атлантического и тихоокеанского побережья Северной Америки, сокращают популяцию лосося, поскольку не позволяют им двигаться вверх по течению. Однако на некоторых плотинах, таких как плотина Бонневиль, установлены «рыбные лестницы», чтобы помочь рыбе мигрировать особенно тем, которые пытаются плыть вверх по течению. Лестницы для рыбы представляют собой серию широких ступенек, построенных на берегу реки и плотины, и позволяют рыбе медленно плыть вверх по течению вместо того, чтобы быть полностью заблокированной плотинной. Еще одним недостатком является то, что гидроэнергетика часто влечет за собой изменение естественных колебаний воды в данном естественном водотоке. Изменения уровня воды в течение года могут вызвать эрозию и другие проблемы на прилегающих территориях, например, потерю берегов рек. Наконец, линии электропередач, построенные для плотин гидроэлектростанций, могут повлиять на популяции птиц в результате столкновения или короткого замыкания из-за контакта птиц с этими искусственными сооружениями.

1.5 Экономическая целесообразность

Гидроэлектроэнергия имеет различные факторы, влияющие на ее общую структуру затрат и экономику. Эти затраты включают в себя инвестиционные расходы (покупка земли, строительство плотины, приобретение турбин, генераторов переменного тока и другого электрооборудования и т. д.) и эксплуатационные расходы в течение всего

срока службы объекта, например, затраты на техническое обслуживание и заработную плату. Приблизительно 75% затрат на гидроэлектроэнергию составляют инвестиционные затраты (первоначальный капитал и проценты), что делает общие затраты стабильными на этапах производства электроэнергии (по сравнению с газовыми турбинами, угольными тепловыми или водо-водяными ядерными реакторами). Сегодня мировые гидроэлектростанции имеют общую мощность 675 000 мегаватт и производят более 2,3 трлн киловатт-часов энергии в год. Это обеспечивает примерно одну четверть электроэнергии в мире. Многие страны за пределами Северной Америки получают большую часть электроэнергии от гидроэлектростанций. Например, почти десять лет назад 99% электроэнергии в Норвегии производилось с помощью гидроэлектростанций. В 2010 году в США было произведено около 159,74 гигаватт.

По данным Агентства энергетической информации, и это примерно 6,67% от общего объема производства в США.

С точки зрения структуры себестоимости гидроэлектроэнергия имеет высокие первоначальные затраты. Средняя первоначальная стоимость строительства плотины или гидроэлектростанции составляет около 1,2 миллиона долларов, а ежегодные затраты на техническое обслуживание составляют около 12 368 долларов. Однако все первоначальные затраты зависят от размера и мощности плотины. Например, плотина Гувера имеет мощность 2,8 млн кВт и стоит около 49 млн долларов, что почти равно стоимости атомной электростанции. С другой стороны, плотина «Три ущелья», по данным BBC News, стоит около 25–75 миллиардов долларов, а выходная мощность составляет около 49 миллионов кВт часов. Хотя гидроэлектростанция имеет высокие капитальные затраты, затраты на техническое обслуживание минимальны, если рассматривать некоторые другие источники производства энергии. Срок службы установки можно экономически продлить за счет относительно дешевого обслуживания и периодической замены оборудования (замена рабочих колес турбины,

перематка генераторов и т. д.). Как правило, гидроэлектростанция, эксплуатируемая в течение 40–50 лет, может удвоить свой срок службы.

Сравнивая стоимость электроэнергии с первоначальными инвестициями в гидроэнергетическую систему, период окупаемости невелик. Теоретически гидроэлектростанция должна быть в состоянии производить электроэнергию за фиксированную сумму в течение всего срока службы агрегата. Эксплуатационные расходы не должны меняться, потому что нет связанной цены на воду. В отличие от электростанций, работающих на ископаемом топливе, цена на природный газ, уголь и т. д. колеблется в зависимости от того, что делает рынок. Что касается топлива, гидроэнергетика не требует топлива, как большинство других источников энергии. Это огромное преимущество по сравнению с другими видами ископаемого топлива, стоимость которых резко возрастает с каждым годом. С точки зрения транспорта страны без больших рек не могут получить гидроэлектроэнергию. Однако в странах, где есть большие реки, транспортировка гидроэлектроэнергии не является проблемой. Электроэнергия вырабатывается на самой плотине, а затем транспортируется в города по электрическим кабелям. Следовательно, пока в стране есть реки, подходящие для строительства плотин, вырабатываемая электроэнергия будет доступна всем, кто подключен к энергосистеме. По существу, основные затраты ГЭС составляют в основном строительство станции, без дальнейших затрат на топливо и его транспортировку. Гидроэнергетика является одним из самых дешевых способов получения электроэнергии. В среднем производство электроэнергии на гидроэлектростанции стоит около семи центов за киловатт-час. Переоборудовав оборудование на гидротехнике, вы можете повысить его эффективность. Улучшение всего на 1% обеспечит электроэнергией дополнительно 300 000 домохозяйств. Также важно отметить, что правительство субсидирует затраты и мощность, связанные с гидроэнергетикой. Право собственности и распределение электроэнергии принадлежит различным администрациям по сбыту электроэнергии. Роль

этих администраций заключается в том, чтобы продавать гидроэлектроэнергию потребителям по минимально возможным ценам, соблюдая при этом принципы ведения бизнеса. Этими администрациями, которые являются частью Министерства энергетики США, являются Энергетическая администрация Бонневилля, Юго-Восточная энергетическая администрация, Юго-Западная энергетическая администрация и Энергетическая администрация западного региона.

По сравнению с другими методами использования возобновляемых источников энергии, гидроэлектроэнергия остается весьма конкурентоспособной, поскольку при сжигании ископаемого топлива, такого как двуокись серы, окись азота, окись углерода и ртуть, не образуются выбросы парниковых газов. Это также позволяет избежать опасностей и воздействия добычи угля на окружающую среду и здоровье человека. По сравнению с ядерной энергетикой она не производит ядерных отходов (поэтому нет недостатка в поиске решений для хранения отходов) и имеет отсутствие опасностей, связанных с добычей урана. Например, по сравнению с ветряными и солнечными электростанциями гидроэлектростанции более предсказуемы, поскольку они имеют резервуар для хранения и могут генерироваться для выработки электроэнергии, когда это необходимо. Их также можно легко отрегулировать в соответствии с требованиями и изменениями мощности. Кроме того, с точки зрения удовлетворения мировых потребностей в энергии, гидроэлектростанции способны это сделать. Например, в 1998 г. гидроэлектростанции Норвегии и Демократической Республики Конго обеспечивали 99% электроэнергии каждой страны, а гидроэлектростанции Бразилии обеспечивали 91% всего потребляемого электричества. В США более 2000 гидроэлектростанций делают гидроэлектроэнергию крупнейшим источником возобновляемой энергии в стране (на 49%). В целом США увеличили производство гидроэлектроэнергии с примерно 16 миллиардов киловатт-часов в 1920 году до почти 306 миллиардов киловатт-часов в 1999 году. Однако Канада на

сегодняшний день является крупнейшим производителем гидроэлектроэнергии в мире. В 1999 году она произвела более 340 миллиардов киловатт-часов электроэнергии, или 60% всей электроэнергии, что намного превышает долю гидроэнергетики США. Бывший Советский Союз, Бразилия, Китай и Норвегия входят в число других ведущих стран-производителей гидроэлектроэнергии.

Выводы по первому разделу

Необходимо использовать многогранный подход для объединения этих энергетических ресурсов с другими возобновляемыми источниками энергии для поддержания жизни людей в глобальном масштабе. Гидроэлектроэнергия и энергия ветра должны использоваться соответствующим образом, чтобы наилучшим образом соответствовать географическому положению страны, поскольку каждая страна имеет свои собственные уникальные природные ресурсы, которые можно предложить для общего производства электроэнергии. Также можно включить в общую систему системы добычи солнечной энергии с помощью солнечных электростанций.

С точки зрения воздействия на окружающую среду / отходов, гидроэнергетика имеет свою долю недостатков. Гидроэлектроэнергия имеет различные факторы, влияющие на ее общую структуру затрат и экономику. Преимущество заключается в том, что после постройки плотины электроэнергия может производиться с постоянной скоростью. Недостаток заключается в том, что он нарушает водные экосистемы.

2 Возобновляемые источники энергии

В условиях, когда население растет в геометрической прогрессии, а наши природные ресурсы истощаются из-за увеличения спроса, как никогда важно инвестировать в возобновляемые источники энергии. Наше потребление ископаемого топлива в качестве энергии, как было установлено, является основной причиной экологических проблем. Побочным продуктом

потребления ископаемого топлива является углекислый газ, который был назван основным компонентом, ведущим к глобальному потеплению. Количество углекислого газа, которое кто-то или что-то производит, известно, как его «углеродный след». Средства массовой информации сосредоточили внимание на этом вопросе, и многие зеленые движения начали пытаться уменьшить наш «углеродный след» [5].

Есть только несколько видов энергии, которые не производят углекислый газ. Это ядерная энергетика и возобновляемые источники энергии, такие как энергия ветра, солнца и воды [3].

2.1 Ветряная энергия

Возобновляемые источники энергии являются наиболее чистыми из этих источников, поскольку в качестве побочных продуктов этих источников не образуются отходы. Ядерная энергия производит ядерные отходы, которые могут занять до 100 лет, но не ограничиваться ими, прежде чем их можно будет утилизировать должным образом. Ветряные турбины использовались во всем мире для выработки электроэнергии от прибрежных ветряных электростанций до небольших ветряных турбин в жилых домах. На рисунке 2 примеры ветряков [6].



Рисунок 2 – Примеры различных систем ветряных турбин с горизонтальной осью

Существует два основных типа ветрогенераторов. Две общие категории ветряных турбин включают ветряные турбины с вертикальной или горизонтальной осью. Турбины классифицируются по способу крепления вала генератора. Ветряная турбина с горизонтальной осью была изобретена раньше, чем ветряная турбина с вертикальной осью, что привело к ее популярности и широкому использованию. На рисунке 3, показана схема этих двух типов систем [7].

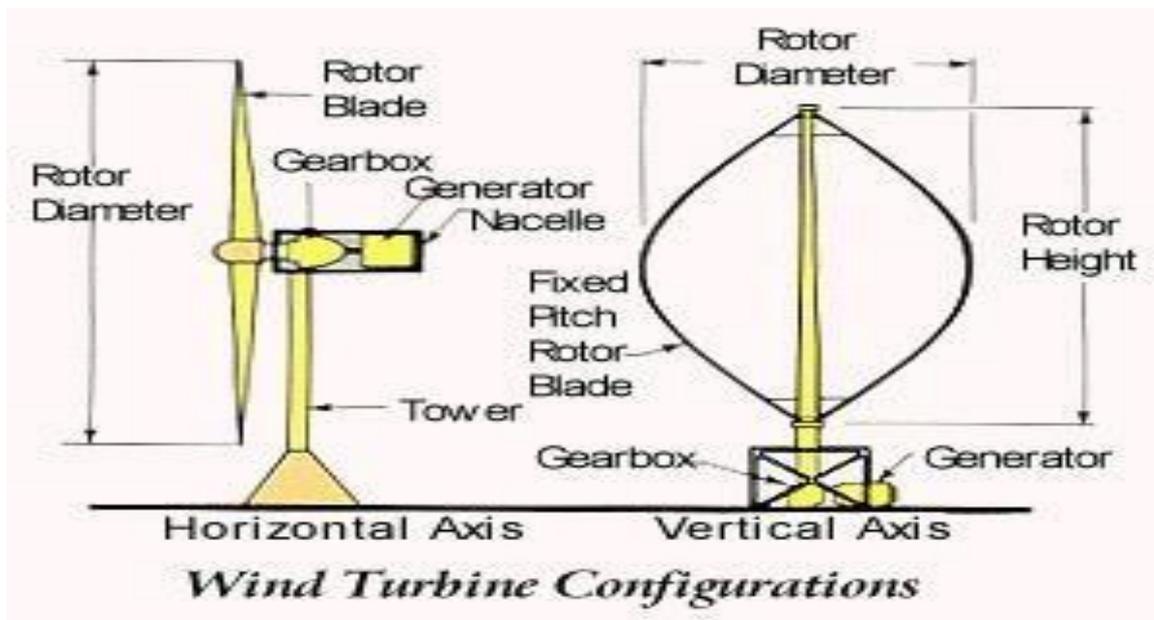


Рисунок 3 – Ветряная турбина с вертикальной осью

По мере роста населения мира и уровня жизни постоянно растет спрос на энергию. Это увеличение энергии создает значительный спрос на энергию, создаваемую ископаемым топливом, количество которого в мире ограничено, а выбросы углерода могут привести к глобальному потеплению. Опасения по поводу сокращения природных ресурсов и опасения по поводу значительного изменения климата в результате сжигания ископаемого топлива вызвали большой интерес во всем мире к чистой возобновляемой энергии, которая может удовлетворить потребности мира в электроэнергии. Одной из распространенных стратегий является использование ветряных турбин, которые вырабатывают электроэнергию из ветра.

Ветер генерируется из солнечной энергии, неравномерно нагревающей землю. Этот неравномерный нагрев создает изменения давления в атмосфере, создавая ветер. Затем этот ветер можно использовать с помощью ветряной турбины. Когда ветер толкает лопасти турбины, генератор прикрепляется к оси вала и при вращении вырабатывает электричество, которое можно отправить в сеть и использовать в домашних хозяйствах для производства электроэнергии [12].

Ветряные турбины — это чистый способ выработки электроэнергии, но с ними также связано много серьезных проблем. Одна из проблем заключается в том, что их проектирование и установка чрезвычайно дороги, а для производства достаточного количества энергии для населенных пунктов и городов требуется место для ветряных электростанций. Другая проблема заключается в том, что они должны быть созданы в местах, где достаточно энергии ветра для производства достаточного количества электроэнергии, чтобы оправдать стоимость машины [13].

География может сильно влиять на скорость ветра и, по сути, на мощность ветра. Знание этой информации перед установкой ветряной турбины является обязательным. Расчет средней мощности ветра представляет собой простое уравнение:

$$P = \frac{1}{2} \rho V^3 S, \quad (4)$$

Где P – мощность ветра;

V – скорость ветра;

ρ – плотность воздуха;

S – площадь поперечного сечения потока.

Уравнение указывает на важность скорости ветра для выработки электроэнергии, поскольку выработка электроэнергии увеличивается пропорционально увеличению ветра до третьей степени. Знание удельной мощности позволит разместить ветряные турбины в эффективных местах для выработки электроэнергии. В таблице 1 показана шкала удельной мощности с использованием уравнения 4. Первый и второй классы ветра содержат относительно небольшое количество энергии и были протестированы как неэффективные для выработки энергии ветра. Третий класс не обладает достаточной мощностью для крупномасштабного производства энергии, но потенциально имеет ценность для производства персональных ветряных

турбин. Классы 4-6 обладают достаточной энергией, чтобы быть эффективными при крупномасштабном производстве ветряных турбин, предназначенных для обеспечения электроэнергией населенных пунктов и городов.

Таблица 1 – Таблица скорости ветров

Характеристика классификации скорости ветра				
Класс ветра	50 метров		150 метров	
	Удельная мощность (Вт/М ²)	Скорость ветра м/с	Удельная мощность (Вт/М ²)	Скорость ветра м/с
1	0-200	0-6	0-320	0-7
2	200-300	6-6.8	320-480	7-7.9
3	300-400	6.8-7.5	480-640	7.9-8.8
4	400-500	7.5-8.1	640-800	8.8-9.5
5	500-600	8.1-8.6	800-960	9.5-10.1
6	600-800	8.6-9.5	960-1280	10.1-11.1

На рисунке 4 показано, где эти классы ветра регулярно встречаются в России. По всей стране эти эффективные местоположения могут быть использованы для определения того, где скорость ветра является наибольшей. Читая информацию с рисунков 3 и 4, можно попытаться разместить турбины там, где ветер, как правило, является наиболее стабильным и мощным для производства электроэнергии. Как показано на рисунке 4, в северной и северо-восточной части России в целом лучшие ветры для производства энергии.



Рисунок 4 – Скорость ветров в России

Еще одним важным фактором является высота ротора турбины. Одна из основных причин, по которой стоимость ветряных турбин настолько высока, заключается в том, что чем выше высота расположения турбины, тем выше скорость ветра, что, в свою очередь, увеличивает выходную мощность генератора. Уравнение 2 представляет собой модель мощности, которая оценивает влияние высоты на ветер.

$$V(z) = V(z_{ref}) \left[\frac{z}{z_{ref}} \right]^a, \quad (5)$$

Где $V(z_{ref})$ — это контрольная точка, которую можно найти на диаграмме;

z — это высота над землей;

a — показатель степени, на который влияет геометрия поверхности земли и который необходимо исследовать.

Рисунок 5 содержит уравнение 5 в зависимости от высоты, чтобы показать, как скорость ветра экспоненциально влияет на выходную мощность.

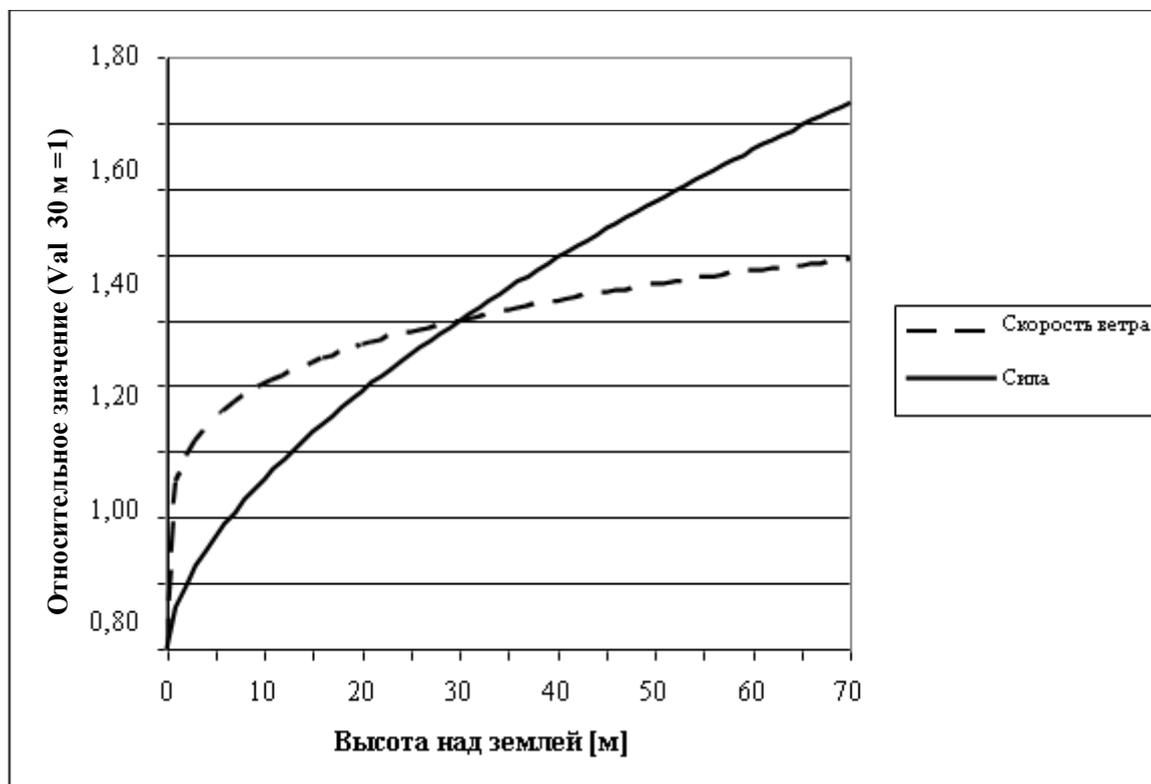


Рисунок 5 – Зависимость высоты от скорости и силы ветра

Как показано на рисунке 5, на высоте ниже 30 м скорость ветра увеличивается быстрее, чем соответствующая плотность мощности. Однако при достижении высоты 30 м плотность мощности увеличивается быстрее, чем увеличивается скорость ветра. Это показывает, что чем выше ветряная турбина, тем больше энергии можно получить от турбины. Коэффициент мощности представляет собой процент мощности, получаемой ветряным двигателем через охватываемую площадь лопастей турбины. Уравнение показывает, как рассчитать коэффициент мощности [18].

$$C_p = 4 \frac{V_t^2}{V_u^2} \left[1 - \frac{V_t}{V_u} \right], \quad (6)$$

где C_p – коэффициент мощности;

V_u — скорость ветра, когда он приближается к ветряной турбине;

V_t — скорость ветра, когда он проходит через ометаемую площадь лопастей ветряной турбины [31].

Максимально теоретически возможный коэффициент мощности называется пределом Бетца, который равен 0,593. Большинство современных турбин сегодня имеют коэффициент мощности от 0,3 до 0,4.

Уравнение 7 определяет отношение скорости кромки лопасти как отношение скорости кромки лопасти к скорости ветра. Уравнение для отношения скоростей наконечника описано ниже:

$$\lambda = \frac{\Omega R}{V_u}, \quad (7)$$

где λ — передаточное число законцовок;

Ω — скорость вращения ротора в радианах в секунду;

R — радиус ротора в метрах;

V_u — скорость ветра.

Двумя основными классификациями ветряных турбин являются ветряные турбины с горизонтальной и вертикальной осью. Наиболее распространены ветряные турбины с горизонтальной осью, лопасти которых вращаются вокруг оси, параллельной земле.

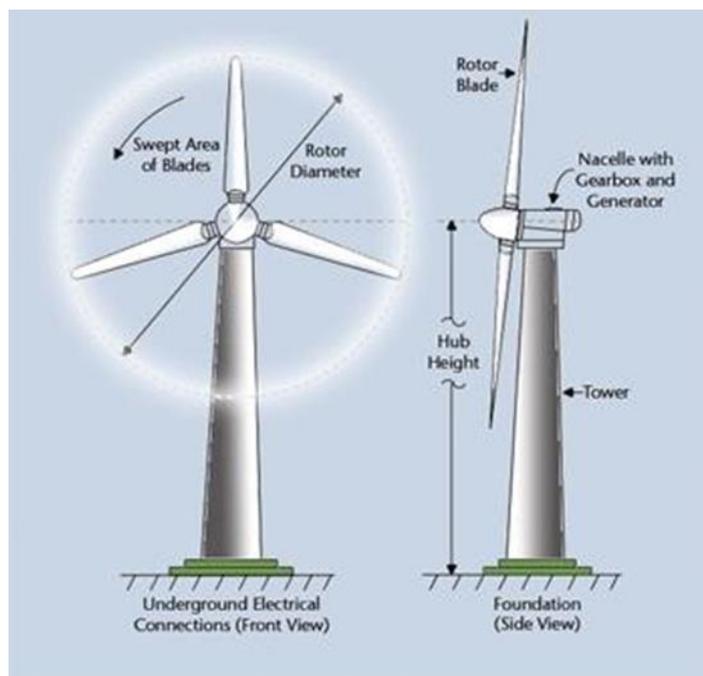


Рисунок 6 – Ветряк с горизонтальной осью

На рисунке 6 показана типичная ветряная турбина с горизонтальной осью. Горизонтальная ось оси прикреплена подшипниками в верхней части башни, где лопасти также прикреплены к оси.

Подмышечная впадина заключена в гондолу. В гондоле расположены редуктор и генератор. В ветряных турбинах с горизонтальной осью используется конструкция аэродинамического профиля для создания вращения лопастей. Концепция ветровой фольги лопасти заключается в том, что ветер проходит над верхней частью лопасти, а не под ней, создавая меньшее давление на верхнюю часть лопасти, создавая подъемную силу и создавая вращательное движение. Рисунок 7 изображает эту информацию.

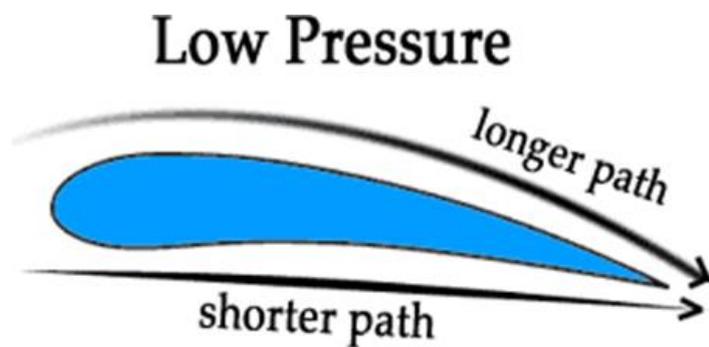


Рисунок 7 – Ветровая фольга лопасти

Другой основной классификацией ветряных турбин являются ветряные турбины с вертикальной осью. Эти турбины вращаются вокруг вертикальной оси. На рис. 8 показан пример ветряной турбины Дарье с вертикальной осью. Эта турбина является примером промышленно используемой турбины с вертикальной осью. Одна из основных проблем с ветряными турбинами с вертикальной осью заключается в том, что для запуска вращения турбины требуется начальная сила. Другая проблема заключается в том, что их трудно проектировать для больших высот. Лопасти ветряной турбины с вертикальной осью могут использовать конструкцию аэродинамического профиля, такую как Дарье; однако ветряная турбина с вертикальной осью также может использовать лопасти, обращенные прямо к ветру, как показано на рис. 9.



Рисунок 8 – Турбина Дарье



Рисунок 9 - Ветряная турбина с вертикальной осью

Домашние ветряные турбины — относительно новая область, которую компании хотят изучить. В настоящее время домашние турбины, которые можно установить на крыше дома, слишком дороги и не производят достаточно электроэнергии, чтобы обеспечить безубыточность в течение ожидаемого срока службы машины. В настоящее время многие компании изучают способ снижения цен на персональные ветряные турбины, чтобы сделать их доступными для рынка рядовому гражданину, подключенному к сети и не желающему терять деньги на ветряную турбину только для того, чтобы принести пользу окружающей среде.

Примером домашней ветряной турбины является система Bergey мощностью 1 кВт, начальная стоимость которой составляет около 6000 долларов США, а срок службы составляет 20 лет рис. 10. Независимое исследование пришло к выводу, что эта система в среднем будет генерировать 100 кВт часов в месяц. При таком тарифе гражданин, использующий систему, по сути, платит 26 центов за кВт в течение 20 лет работы системы, что дороже, чем просто покупать электроэнергию из сети.

Среднее домохозяйство использует около 11 500 кВт-ч в месяц, поэтому эта система будет генерировать только 1/12 от средней системы домохозяйства. Даже система Bergeys мощностью 10 кВт при скорости ветра 10 миль в час вырабатывает всего около 30 000 кВтч в год при гораздо более высоких первоначальных затратах [27].



Рисунок 10 – Система Bergey 1кВт

Есть личные ветряные турбины, которые можно прикрепить к башне во дворе, что экономически выгодно, но для них требуется земельный участок и разрешения. Во многих городах и городских поселениях земельный участок и разрешения не являются вариантом. Размещение ветряных турбин на крышах является решением большинства проблем с разрешениями и пространством. Однако, как и описанный выше Bergey, они неэкономичны и имеют другие проблемы, поэтому только 1% персональных ветряков установлены на крышах. Некоторыми не связанными с затратами проблемами турбин, установленных на крышах, являются вибрации, приводящие к структурным повреждениям крыши, и шум, который

беспокоит жильцов дома. Решение этих проблем является будущей целью проектирования персональных домашних ветряных турбин.

Ветряные турбины могут создавать постоянный гудящий шум, который считается раздражающим, а также производить вибрации, которые со временем могут разрушить целостность крыши. Это препятствует популярности потребителей, желающих установить ветряные турбины на крыше. Это ограничивает возможность установки ветряных турбин на столбах рядом с домами, но многие городские законы об артиллерийском оружии запрещают это в жилых районах. Поскольку ветряная турбина вращается и производит электричество, она создает постоянную вибрацию. Эта постоянная вибрация может повредить черепицу вокруг основания, а также фермы в месте их установки. Эти вибрации очень трудно предотвратить, поэтому важно иметь систему крепления, которая рассеет вибрации до того, как они достигнут фактической конструкции дома. Многие кровельные компании не дают гарантию на крышу, если есть ветряк из-за вибрации. Это отговорит потребителя от установки ветряка на крыше. Еще одна проблема, которая отговаривает потребителей от использования ветряных турбин, — это постоянный гудящий шум, возникающий, когда турбина вырабатывает электроэнергию. Ветряная турбина с вертикальной осью, в отличие от турбины с горизонтальной осью, не производит такого большого шума, как традиционные турбины, из-за конструктивных различий турбин, а также пути движения лопасти. Еще одна причина, по которой ветряная турбина с вертикальной осью больше подходит для жилых районов, заключается в их способности работать с максимальной эффективностью при турбулентности, создаваемой контурами крыши. Еще одна проблема, которая отговаривает потребителей от использования ветряных турбин, — это постоянный гудящий шум, возникающий, когда турбина вырабатывает электроэнергию. Ветряная турбина с вертикальной осью, в отличие от турбины с горизонтальной осью, не производит такого большого шума, как традиционные турбины, из-за конструктивных различий турбин, а также

пути движения лопасти. Еще одна причина, по которой ветряная турбина с вертикальной осью больше подходит для жилых районов, заключается в их способности работать с максимальной эффективностью при турбулентности, создаваемой контурами крыши.

Когда ветер проходит через вершины крыш и разные скаты крыш, они создают турбулентный рисунок ветра, который фактически мешает турбинам с горизонтальной осью производить электричество. Этот турбулентный ветер, вызванный козырьками крыш, не нарушает работу ветряной турбины с вертикальной осью, а также не создает такого же громкого шума, как системы с горизонтальной осью.

Рост популярности ветряной турбины с вертикальной осью, устанавливаемых на крыше, открывает возможности для устранения вредных вибраций от турбин, вызывающих повреждение крыши.

2.2 Солнечная энергия

Теперь можно затронуть тему с солнечной энергией, которую можно вырабатывать в России.

Солнечная энергия не менее популярна чем энергия ветра. В России на момент конца 2020 года насчитывалось 65 солнечных электростанций, которые вырабатывают более чем 1,8 ГВт, что для таких условий сурового Российского климата очень даже неплохо. Существует несколько типов солнечных станций, о которых сейчас и пойдет речь. Первый тип представляет собой конструкцию, где гелиостаты расположены вокруг башни, где на ее вершине находится сильный преломляющий свет элемент для поглощения в чем ему помогают гелиостаты, расположенные вокруг него рис. 11. Направляя весь свет в башню, резервуар которой наполнен водой, вода начинает испаряться тем самым конструкция преобразует энергию пара в полезную механическую, что в последствии и позволяет вращать турбину, расположенную в башне для выработки электроэнергии [2]. В данном типе

станции не обошлось без автоматики, которая позволяет работать станции максимально эффективно на протяжении всего дня. Автоматика представляет собой подвижные опоры гелиостатов, что позволяет фокусировать свет на башне весь солнечный день. В зависимости от расположения источника энергии в небе наши отражатели находятся в максимально удобной позиции.



Рисунок 11 – Башенная СЭС

Тарельчатые станции очень схожи с башенными, но в отличие от них каждый элемент представляет собой свою систему для выработки энергии. Каждая «Тарелка» обладает как рассеивателем, так и приемником, на который фокусируется солнечный свет рис.12.



Рисунок 12 – Тарельчатая СЭС

Также за основу нагрева теплоносителя берется и следующий тип станции параболоцилиндрические концентраторные. Только в отличие от предыдущих они расположены север-юг, но также вращаются в след за дневным светилом. В центре механизма на небольшом расстоянии от зеркал располагается труба с жидким элементом, на котором сосредотачивается полученная в течение дня солнечная энергия. Весь процесс создан для того, чтобы жидкий теплоноситель передавал свою энергию на вращение турбины для выработки самой электроэнергии [15].



Рисунок 13 – Параболоцилиндрические концентраторные СЭС

Фотоэлектрические станции, наверное, самый популярный и распространенный способ добычи электроэнергии, ибо для выработки не нужно иметь сложную систему, в которой необходимо нагревать жидкий элемент или соль для дальнейшего вращения турбины, а достаточно просто иметь фотоэлемент «батарею», основанную на базе кремниевых элементов, которая будет заниматься выработкой энергии сама [25] рис. 14. Такой подход идеально подходит для обеспечения энергией небольшие объекты или вовсе частные дома, что влияет на большой спрос таких элементов. В отличии от ветряных домашних установок солнечные батареи не производят шума и вибраций, но и выработка у них меньше [24].



Рисунок 14 – Фотоэлектрические СЭС

Следующий тип является наиболее экологичным и естественным. Солнечно-вакуумные станции используют естественный поток воздуха, создаваемый ветрами рис. 15. Сооружается стеклянно-зеркальное пространство на поверхности земли, в центре которого располагается башня с турбиной на вершине и воздух, проходящий над стеклянним покрытием, нагревается и стремится вверх по башне, что несомненно создает поток горячего воздуха через турбину, вращение которой и вырабатывает энергию. Подобная тяга сохраняет свою силу вплоть до завершения солнечного дня [23].

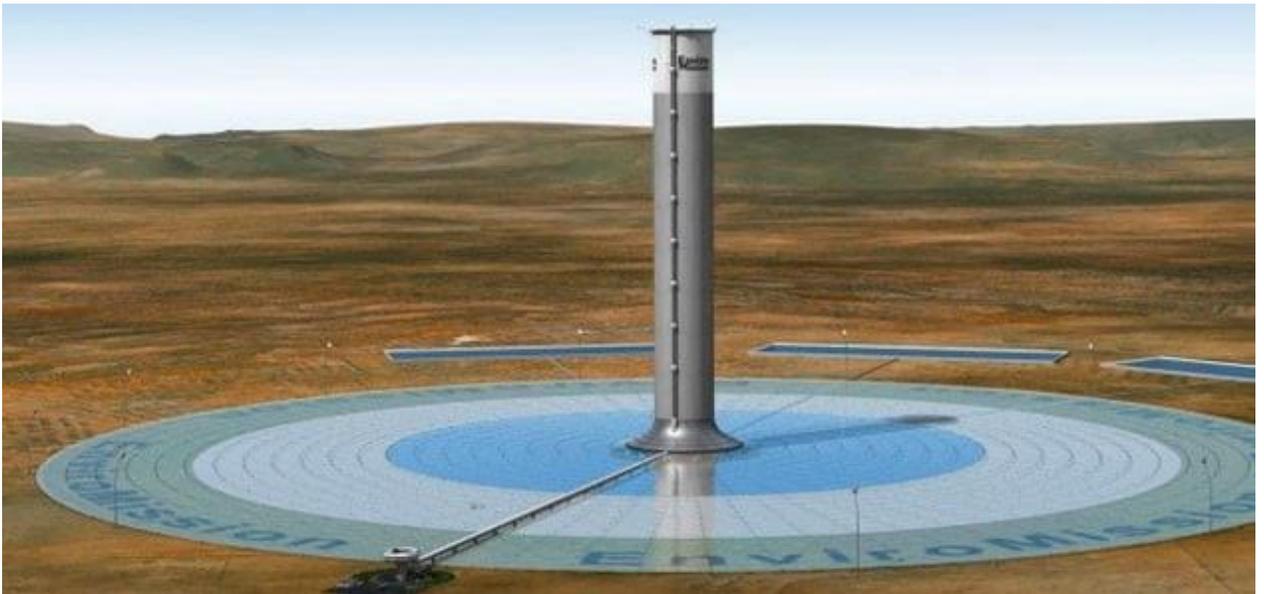


Рисунок 15 – Вакуумные СЭС

Финальный тип, по моему мнению, идеально подходит для домашнего, частного использования солнечной энергии. Комбинированный тип образуется путем совмещения кремниевых солнечных батарей с системой горячего водоснабжения или отопления дома рис. 16. Совместное получение электричества и тепла самый подходящий вариант индивидуальной эксплуатации данного сооружения. Такая система может служить идеальным дополнением к полностью автономному жилищу. Комбинировать такую систему совместно с ветрогенераторами и малой гидроэлектростанцией, если жилище находится непосредственно рядом с горной или малой рекой создаст идеальные условия для полностью автономной жизни независимо от общей сети энергоснабжения [22].



Рисунок 16 – Комбинированная система

Теперь посмотрим в каких точках России преобладает солнечная радиация и дольше сохраняется световой день. Из этой информации возможно учесть идеальные расположения для солнечных электростанций или же максимально удобные условия для индивидуального использования панелей рис. 17. Однако солнечная энергия представляет собой один из наименее используемых вариантов в России из-за короткого солнечного дня на протяжении года, а также из-за сурового климата. В зимнее время очень проблематично будет следить за загрязнением поверхности зеркал и панелей, конечно, существуют автоматические системы очистки, но их окупаемость и рентабельность стоит под большим вопросом, ибо выработка энергии вряд ли окупится даже если все будет работать идеально на протяжении всего года в северных регионах России, но большей окупаемостью будут обеспечены южные регионы, что можно увидеть по карте.

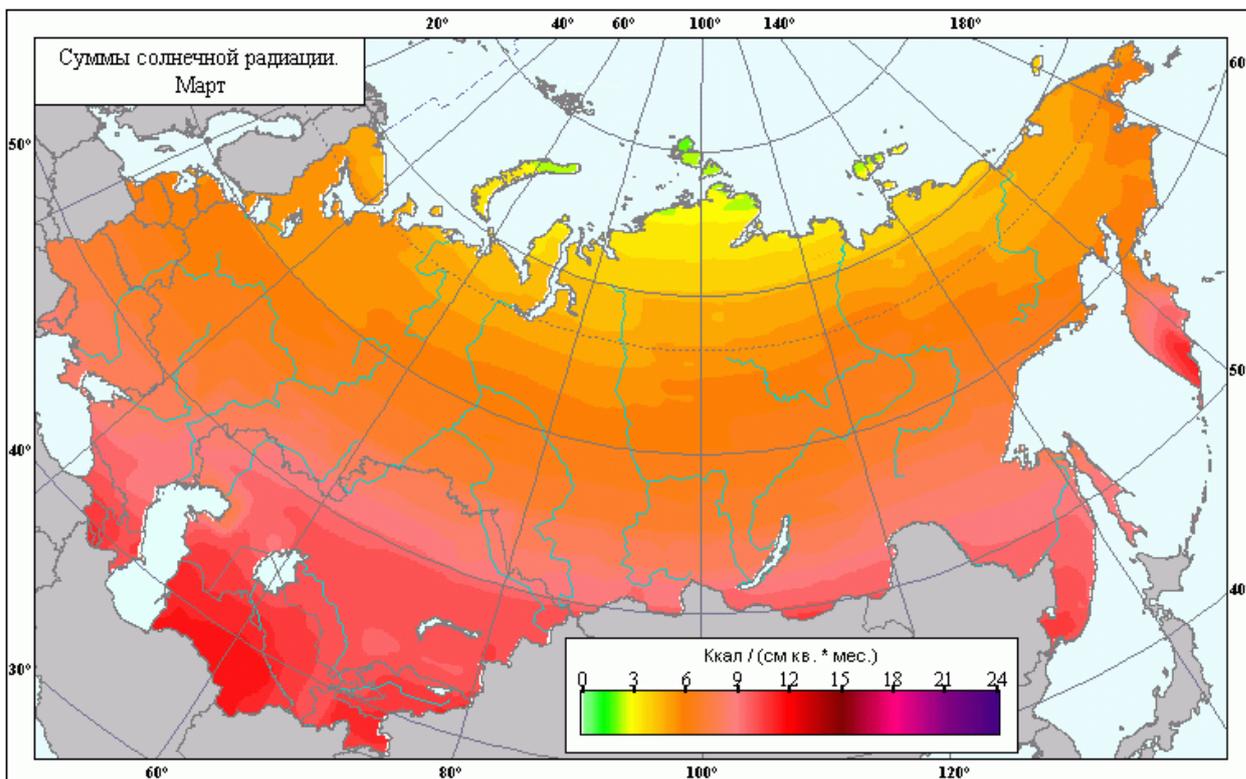


Рисунок 17 – Карта солнечной радиации России

2.3 Вспомогательные системы очистки оборудования зеленой энергетики СЭС.

Важной частью зеленой энергетики является не только выработка энергии без вреда окружающей среде, но и уход за оборудованием и поддержка его работоспособности. Как известно для выработки большого количества энергии при помощи зеленой энергетики необходимо колоссальное число оборудования, некоторые станции занимают несколько десятков гектар площади и за всем оборудованием нужен уход. Тратить уйму финансов на персонал, который будет следить за всем оборудованием слишком опрометчиво, но помимо оплаты работы необходим транспорт и хорошие условия труда, чем некоторые площади не отличаются. В экстремальных условиях обслуживать такое количество аппаратуры будет очень тяжело. Но если подойти к этой проблеме с инженерной точки зрения,

то автоматизировать такой процесс и исключить участие такого количества персонала возможно. Автоматизированные механизмы обслуживания сами будут нуждаться в нем, но на их долю понадобится гораздо меньше человеческого ресурса. Также автоматизация такого процесса позволяет в большей степени свести к минимуму вероятность поломок в связи с человеческим фактором, так как процесс уже автоматизирован, а питать оборудование можно прямо от вырабатываемой на станции энергии [12].

Начнем, пожалуй, с солнечной энергетики. Основная масса станций расположена в местностях с большим количеством солнечных дней, где температура порой достигает 50 градусов по Цельсию, а также такие места имеют огромное количество сухого пыльного воздуха, пыль с которого оседает на батареях, что занимают гектары территории и в особо ветреный день большая часть оборудования находится под угрозой оказаться закрытым от солнца. Бригада работников или несколько не способны очищать такое количество и это опасно для их здоровья. Но автоматизированная система очистки батарей может идеально справиться с этой задачей. Как пример важности солнечной энергетики можно сказать, что за последние десять лет в Соединенных Штатах наблюдается значительный рост зависимости от солнечной энергии как источника энергии. Только Соединенные Штаты потребляют примерно 4146 тераватт-часов электроэнергии в год. Менее 1% этой энергии поступает от солнечных источников; однако солнечная энергия составляет 30% всех новых генерирующих мощностей, создаваемых каждый год. Калифорния была не только ведущим производителем солнечной энергии в течение этого периода, но и отвечала за почти 50% всей солнечной энергии, вырабатываемой в Соединенных Штатах, по данным Министерства энергетики 1.

Из-за растущего спроса на солнечную энергию эффективность солнечных панелей важна как никогда. Однако солнечные панели очень неэффективны; типичная пиковая эффективность преобразования солнечной энергии в полезную энергию составляет от 11% до 15% 1. Загрязнение

фотоэлектрических панелей (рис. 18) еще больше снижает эффективность панели. Это накопление грязи на панелях является хорошо задокументированным эффектом, который может привести к потере эффективности до 27% в год [2].



Рисунок 18 – Очищенная панель (слева) и загрязненная панель (справа)

Но существует автоматизированный очиститель солнечных панелей, целью которого является снижение потерь эффективности существующих массивов солнечных панелей. Система очищает поверхность каждой панели для увеличения выработки энергии. После внедрения на коммерческих массивах солнечных панелей система нацелена на повышение выработки энергии каждой панелью в среднем на 10 процентов. Система предназначена для реализации на больших коммерческих массивах, но ее дизайн можно масштабировать для всех типов солнечных батарей. Это система, которая создана бороться с влиянием естественной пыли и остатков на выработку энергии солнечными панелями. Был выбран стандартный «грязевой» слой,

который был протестирован на трех типах фотоэлектрических элементов: монокристаллических, поликристаллических и аморфных. Максимальное снижение выработки электроэнергии составило 6% для монокристаллов и поликристаллов и 12% для аморфных. Такие системы будут популярны на рынке, так как альтернатива этому только человеческий труд, но не все рынки потребителей нуждаются в ней. Рассмотрим несколько из них. Первый рынок состоит из владельцев жилых домов, у которых есть небольшое количество солнечных батарей. Вторая группа состоит из крупных коммерческих организаций, которые эксплуатируют большие солнечные батареи, чтобы субсидировать их производство энергии и улучшать свой рейтинг углеродного следа. Последним важным рынком являются солнечные фермы площадью в несколько акров, состоящие из массивных массивов солнечных панелей (см. рис. 19).



Рисунок 19 – Небольшая ферма солнечных панелей с сотнями панелей

Каждый рынок предлагает различные преимущества и недостатки. Основным критерием для нашего потенциального рынка было соотношение стоимости единицы системы к количеству панелей, которые каждая система сможет очистить. Хотя на рынке жилья имеется большое количество потенциальных установок, каждый домовладелец владеет лишь небольшим количеством панелей. Небольшое количество солнечных панелей вырабатывает относительно небольшое количество электроэнергии, поэтому любая потенциальная система очистки должна быть чрезвычайно дешевой. По этой причине мы не выбрали этот рынок, так как считали, что не сможем достичь этой цели за разумное количество итераций. На рынке солнечных ферм было больше солнечных панелей, что увеличивало размер прибыли для потенциальной установки очистных сооружений.

Основными заказчиками этого продукта являются компании, эксплуатирующие крупные коммерческие солнечные батареи. Эти объекты имеют большое количество панелей для выработки значительного количества солнечной энергии. Компании, использующие эти массивы, очень заинтересованы в том, чтобы их солнечные панели работали с максимальной эффективностью. У этих компаний есть как ресурсы, так и стимулы для внедрения нашего продукта. Главным желанием этих компаний является минимизация затрат на рабочую силу и топливо, связанных с текущими методами очистки.

Дизайн продукта масштабируется для использования в жилых солнечных панелях. Это еще больше увеличивает потенциальный рынок для этого продукта. Владельцы жилых помещений желают, чтобы дизайн был приятным для глаз и исключал риски получения травм, связанные с очисткой домов домовладельцем своих панелей.

Третичные требования потребителей требуют сделать продукт как можно более готовым к массовому производству. Для этого необходимо сделать изделие максимально эстетичным и простым в монтаже. Таким

образом, продукт готов к массовому производству и широкому использованию.

Существует много различных автоматизированных систем очистки солнечных панелей, на которые можно обратить внимание.

В настоящее время существует ряд решений по устранению эффекта загрязнения солнечных панелей. Вариантов автоматизированных решений для очистки много, но они непрактичны для большинства приложений. Существующие автоматизированные системы, такие как Escoria, большие и дорогие, как показано на рис. 20 их большие затраты. Когда дело доходит до очистки солнечных панелей в меньшем масштабе, обычно используются другие менее эффективные системы [26].



Рисунок 20 – Система очистки Escoria

Самый распространенный метод — ручная очистка; для этого требуется, чтобы бригады рабочих передавали чистые панели. Автоматизированные системы очистки, доступные для небольших систем

солнечных панелей, — это такие системы, как спринклерная система производства Heliotex, которые могут быть неэффективными и расточительными, как показано на рисунке 21.



Рисунок 21 – Спринклерная система Heliotex

Также имеется система, где первоначальная конструкция устройства представляла собой катящуюся щетку, которая перемещалась вдоль массива солнечных панелей, как показано на рис. 22. Устройство прикреплялось к массиву с помощью роликов, которые захватывают раму панелей и используют их в качестве рельсов для движения по решетке. панель. Система очищает панель с помощью вращающейся щетки, удаляя пыль и мусор. В идеале устройство не должно использовать воду и не должно быть подключено к какому-либо источнику воды.

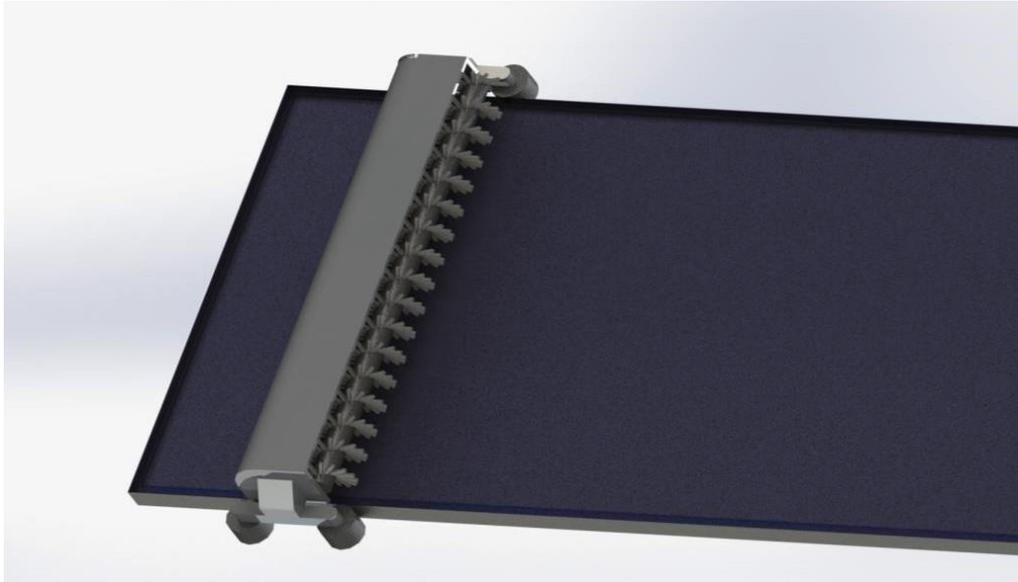


Рисунок 22 – роликовая система очистки

Устройство перемещается по ряду панелей и очищает с помощью вращающихся щеток. Система будет перемещаться с помощью колес из мягкой резины, приводимых в движение электродвигателем. Система вращающихся щеток будет установлена на вращающейся оси, которая также приводится во вращение главным приводным двигателем. Использование одного двигателя выгодно как по стоимости, так и по простоте. Однако для эффективной работы приводной двигатель должен обеспечивать высокий крутящий момент. Чтобы уменьшить нагрузку как на систему, так и на поверхность панели, будет использоваться серия более легких циклов очистки, а не одна более интенсивная очистка.

Таким методом можно решить проблемы с недостатком выработки электроэнергии на солнечных электростанциях.

2.4 Вспомогательные системы очистки оборудования зеленой энергетики ВЭС

Что касается очистки и обслуживанию ветряков, то здесь еще более опасный и трудоемкий процесс, соответственно стоимость подобных услуг выше в разы за счет, во-первых, габаритных размеров объекта, во-вторых, опасную рабочую высоту и объем работы. Самая главная проблема ветряков — это не пыль или грязь, как на солнечных батареях или отражающих поверхностях. В связи с сильными дождями и похолоданием в умеренном или северных климатах в осенне-летнее время на ветряках образуется ледяная корка, которая значительно утяжеляет вращательную способность и соответственно сокращает выработку. Основная опасность кроется даже не в ухудшении выработки, а в поломке ветряных лопастей и скорее всего в последствии поломку генератора. Поломка такого оборудования может стать очень рискованной и не окупаемой выработанной мощностью, поэтому следить за обледенением ветряных лопастей (рис. 23) необходимо из экономической сообразительности.



Рисунок 23 – Обледеневшие лопасти

Основными и самыми распространенными способами очистки на данный момент являются услуги очистительных бригад, что оборудованы водяными пушками с большим давлением и вертолетами. Естественно, данный способ стоит огромного количества средств за такую услугу, которая может в период осень-зима-весна требоваться значительно часто. С учетом погодных условий умеренного Российского климата в эти переходы возникают целые недели, когда ежедневно создается риск обледенения и повреждения дорогостоящего оборудования. Поэтому вызов бригады с вертолетом (рис. 24) может сильно ударить по окупаемости данного сооружения.



Рисунок 24 – Бригада очистки ветряков

Необходим автоматизированный метод, который уже начал входить в обиход крупных энергетических компаний, производящих электричество с

помощью ветро-генераторов. Нельзя сказать, что этот способ полностью автоматический, скорее автоматизированный. С недавних пор с развитием дронов появились массивные дроны (рис. 25), которые способны очищать ветряки без необходимости использовать большое количество людей и не затрачивать огромные суммы денег на услуги бригад с вертолетом. Это очередной шаг вперед для автоматизации и снижения смертей от рисков работы на высоте среди людей. В данном методе нет минусов, ибо стоимость такой услуги гораздо ниже нежели работа целой бригады, а также процесс очистки занимает гораздо меньше времени.



Рисунок 25 – Дрон для очистки лопастей

Большой мощный дрон, оснащенный пушками большого водяного давления. Конструкция дрона позволяет ему держаться равномерно за счет 4

винтов в отличие от вертолета, а также для такой работы требуется всего один обученный управлению дроном человек, что может находиться в автомобиле, в комфортных условиях, отлично выполняя свою работу. Также очистка таким способом намного лучше, ибо пилот дрона способен разглядеть все обледенения от лица дрона через камеру. Профессионалы работают в шлемах, в которые транслируется изображение с камеры по центру дрона для лучшего управления, контроля на расстоянии.

Исходя из всех методов считаю, что метод с дроном действенный и эффективный. Но лучший способ очистки от обледенения на подобных объектах должен быть предусмотрен конструкторами лопастей. Если взять за пример систему нагрева лобового стекла автомобиля, где при изготовлении стекла в нем проводят малозаметную металлическую сетку, которая путем подачи на нее напряжения нагревается и защищает от обледенения всю поверхность через какое-то время. В автомобиле используется тонкая сетка, чтобы не препятствовать обзору водителя, но в случае с лопастями этого можно избежать. Если провести провод достаточного сечения и размера по площади лопастей при изготовлении, то можно будет избежать обледенения путем автоматического нагрева с помощью вспомогательного микроконтроллера и дополнительного источника питания, который будет питаться напрямую от выработанной энергии. Так можно сократить расходы на внешнюю помощь и обслуживание при обледенении.

2.5 Вспомогательные системы очистки оборудования зеленой энергетики ГЭС

Последняя часть приходится на защищающее оборудование для ГЭС. Довольно часто в реках и водохранилищах перед ГЭС имеется посторонний мусор, который может навредить винтам, вырабатывающим энергию при сбросе или штатной работе. В настоящее время системы защиты от попадания мусора примитивны и только часть обладает некой

автоматизацией. В основном это металлические сетки (рис. 26) перед зоной попадания воды в трубу, которая ведет на генератор. Такие сооружения действенны, но тоже требуют ручного обслуживания человеком при устранении мусора с сетки.



Рисунок 26 – Защитная сетка на ГЭС

Автоматизация процесса в случае ГЭС наиболее важна так как основная доля зеленой энергетики в России приходится именно на них. В основном крупный мусор скапливается на поверхности и не попадает в трубы, ведущие к генератору, но мелкий мусор под водой тоже может навредить лопастям генератора. Обслуживание и ремонт лопастей очень трудоемкий процесс, учитывая, что их нужно доставать и заниматься чисткой и ремонтом уже непосредственно вне механизма. Чтобы избежать такого

частого обслуживания можно автоматизировать процесс при помощи той же самой металлической сетки со встроенным мусоропроводом. Если оборудовать сеть рядом датчиков и использовать вращающийся механизм замены на очищенную, то можно избежать остановки работы станции и гораздо реже сталкиваться с проблемами повреждения генератора.

Выводы по второму разделу

В России плохая окупаемость солнечной энергетики в отличие от ветряной. Солнечные станции смогут работать без остановки только в крайне южных регионах с повышенной солнечной радиацией и длинным световым днем, но даже так окупить подобные сооружения будет крайне сложно. Ветряные станции тоже будет проблематично окупить, ибо сильные ветра расположены, в основном, в северных регионах, где большой проблемой будет очистка лопастей и обслуживание ветряков. Что касается юго-восточного региона России, то там вполне возможна эксплуатация и окупаемость ветро-генераторов на довольно обширных территориях. Автоматизированные системы очистки очень важны в сфере зеленой энергетики так как станции не концентрируют все в одном процессе, что можно увидеть на ТЭЦ или АЭС, а обладают огромным количеством разбросанного по большой площади оборудования, за которым необходимо следить. Такие системы не только увеличат выработку, но и сократят финансы на обслуживание таких агрегатов.

3 Анализ рек Урала и Чечни для расчета и установки малой ГЭС и гибридных систем энергоснабжения.

Рассмотрим несколько регионов, в областях которых расположены быстрые горные реки и отметим на карте эти места. Для примера возьмем уральский хребет (рис. 28), протянутый от северного края до южных мест России и черные горы Чечни. Горная местность (рис. 29) имеет достаточное количество истоков с высокими перепадами, что отлично скажется на установке мини гидроэлектростанций, также продолжения этих самых истоков, которые переходят на равнины тоже обладают довольно быстрым течением, что позволит размещать их вдоль берегов и создавать каскады станций. По сути, гидроэнергетика пользуется естественными исходами смещения литосферных плит, что образовали горы или же расщелины, породили огромное количество источников для рек, которые впоследствии обеспечивают большими объемами движущейся массы воды, механическую энергию которой мы превращаем в электроэнергию [20].

Крупные гидроэлектростанции, что имеют мощность до 30 мВт показали яркий, пример как с помощью ресурсов нашей планеты без вреда или уничтожения экосистемы обеспечивать энергией многие страны, конечно, не занимая лидирующих позиций, но внося свой неопределимый вклад. Отсюда был дан толчок для развития новой ветви малой энергетики [19].

Именно так микроэлектростанции (рис.27) вышли на рынок и начали наращивать свою установленную мощность по всему миру. Микрогидроэлектростанции — это небольшие гидроэлектрогенераторы, которые, как правило, могут вырабатывать до 200 кВт электроэнергии с помощью одной турбины.



Рисунок 27 – Иллюстрация работы микрогидроэнергетики

Другими словами, проекты микрогидроэнергетики теперь возможны даже на участках с меньшим расходом воды или меньшим перепадом высот, что делает их подходящими для развития сельских районов в изолированных регионах, предлагая обособленный источник энергии без необходимости подключения к электросети.

Как упоминалось ранее, источники солнечной и ветровой энергии имеют нестабильные кривые мощности, которые не всегда соответствуют структуре потребления пользователя, что делает их непригодными без накопления энергии или же большом объеме. Между тем, микрогидроэнергия очень стабильна, раздавая почти постоянную выходную мощность в течение дня и ночи, но в горных регионах ночью в теплые времена года ледники тают медленнее, поэтому скорость потока может не сильно упасть. Как упоминалось выше, выработка зависит от расхода воды, это означает, что даже при коэффициенте мощности 90% есть время, в течение которого выработка снижает свою выходную мощность. Обычно это

связано с засушливым или летним сезоном, когда водоемы испаряются и расход воды уменьшается.

Ни один отдельный возобновляемый источник энергии никогда не сможет полностью покрыть все потребности в энергии в течение года, поскольку они зависят от условий окружающей среды, которые не поддаются контролю.

Однако в пиковое время для гидроэнергетики, а это ливни и обильные дожди, солнечная энергия находится почти в нулевом положении выработки и наоборот во время засушливых жарких дней большие просадки имеет гидроэнергетика. Это и есть идеальный баланс для построения обособленной системы бесперебойного потребления. Использовать все ресурсы природных непредсказуемых явлений в плюс.

Отсюда и вырисовывается совершенно новый подход к использованию природных ресурсов, который способен обеспечивать потребителей в течении круглого года: гибридная гидро-фотоэлектрическая система! Если воспользоваться такой системой, то практически весь год можно жить благодаря гидроэнергетики, но в то время когда наступает максимальный световой день и вода начинает испаряться, снижая мощность нашей турбины на смену приходят солнечные батареи, что от длительного солнечного дня только в выигрыше и показывают себя как основной источник, но это не означает, что для этого необходим целый каскад так как турбина все еще работает, но не в полную силу и для такого будет достаточно пары тройки фотоэлементов. Также в таком случае можно прибегнуть к хорошему запасу аккумуляторных батарей, что способны поддерживать жизнь в проводах в ночные пики спада выработки энергии.

Такое сочетание независимых источников позволяет потребителям отдаленных участков жить и пользоваться всеми привилегиями электроэнергии независимо от энергокомпаний, что позволяет им находится полностью вне сети.

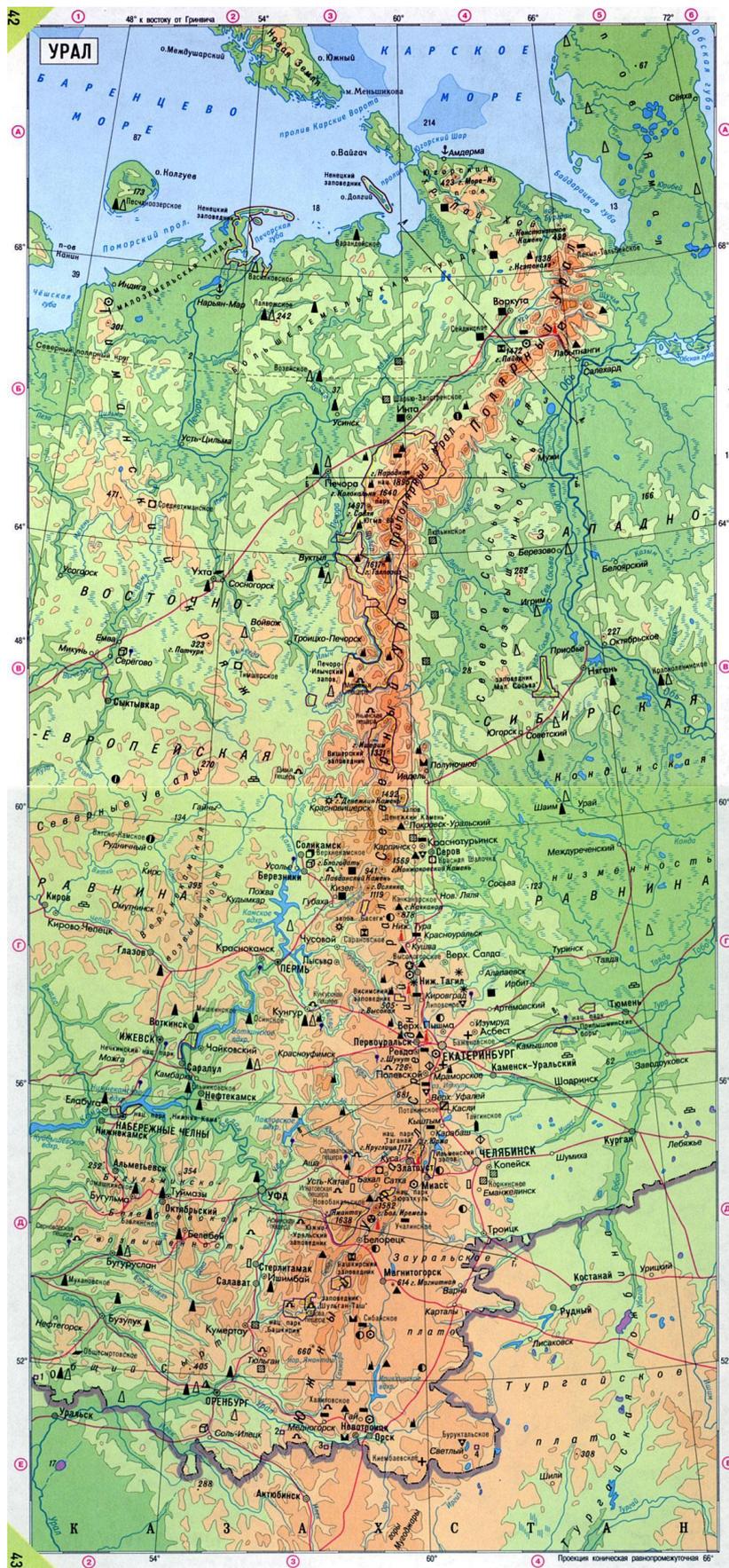


Рисунок 28 – Географическая карта Урала с реками

На южном Урале у нас располагаются реки:

- Миасс скорость потока в среднем 0,8-1,2 м/с
- Уй скорость потока в среднем 0,8-1,2 м/с
- Урал скорость потока в среднем 0,4-0,6 м/с
- Ай скорость потока в среднем 0,4-0,6 м/с
- Уфа скорость потока в среднем 0,7 м/с
- Увелька скорость потока в среднем 0,4-0,6 м/с
- Гумбейка скорость потока в среднем 0,2-0,3 м/с

Средний Урал размещает:

- Тура скорость потока в среднем 2-2,5 м/с
- Тагил скорость потока в среднем 0,9-2 м/с
- Нейва скорость потока в среднем 0,7 м/с
- Реж скорость потока в среднем 0,6 м/с
- Пышма скорость потока в среднем 0,1-0,5 м/с
- Исеть скорость потока в среднем 0,5 м/с
- Вишера скорость потока в среднем 1 м/с

Северный Урал:

- Вишера скорость потока в среднем 1 м/с
- Яйва скорость потока в среднем 1 м/с
- Косьва скорость потока в среднем 1 м/с
- Унье скорость потока в среднем 1,1 м/с

Приполярный Урал:

- Ляпин скорость потока в среднем 0,4 м/с
- Хулга скорость потока в среднем 1 м/с
- Щугор скорость потока в среднем 1 м/с
- Большая Сыня скорость потока в среднем 2,2 м/с

Полярный Урал:

- Кара скорость потока в среднем 0,2-2,25 м/с

- Уса скорость потока в среднем от 0,5 до 5-7 м/с
- Щучья скорость потока в среднем 2-3 м/с



Рисунок 29 – Реки Урала

3.1 Разработка и расчеты малых ГЭС

Большинство рек обладают достаточной скоростью течения, чтобы вырабатывать своей движущей силой хорошее количество энергии. Подсчитав теоретическую мощность идеальной ГЭС используя формулу

$$N = pQ, \quad (8)$$

Где N – это мощность;

p – давление воды в паскалях, которая находится перед турбиной;

Q – расход воды в кубических метрах в секунду.

К примеру, давление 10 метрового столба воды имеет давление в одну атмосферу и равно 100000 паскалей, а 1 литр воды равен $1/1000 \text{ м}^3$.

Рассчитаем мнимую ГЭС, которая будет потреблять 50 литров в секунду и находится на 2 метровом перепаде, что составляет 20000 паскалей, по формуле мы получим 1 кВт, но необходимо также учитывать, что это идеальный расчет, на самом же деле как турбина, так и генератор обладают своим КПД и в сумме не будут выдавать идеальное теоретическое количество энергии [8]. Такой расчет производится для мини гидроэлектростанций (рис. 30), работающих на горизонтальном расположении вращающегося колеса.

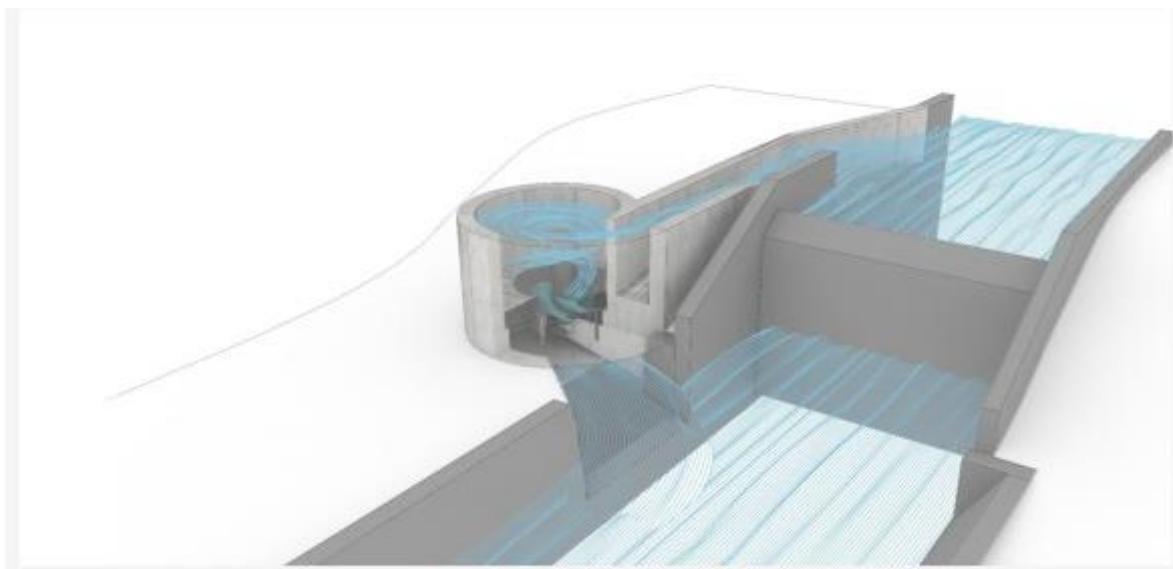


Рисунок 30 – Мини ГЭС

Рассчитаем другой тип станций, где вращающееся колесо ставится вертикально. Формула выглядит так

$$N=120*V^3*D^2, \quad (9)$$

Где N – мощность (ватт);

V – является скоростью потока (м/с);

D – диаметр колеса (м).

Это формула для идеального колеса, такая станция усовершенствованная версия водяной мельницы с современными технологиями преобразования и выработки. Мощность зависит напрямую от площади лопаток винта, которые входят в контакт с водой. Такие ГЭС целесообразно ставить в местах, где скорость потока достигает 0,7-1 м/с, что идеально подходит для большинства уральских рек. Деривационная ГЭС идеально подходит для горных районов, а для выработки в 1 кВт при наличии потока в 2 м/с диаметр колеса будет всего лишь 1м, в таком случае можно не усложнять конструкцию излишками, а просто перенаправить часть потока, например, через трубу или ответвление и наслаждаться энергией. Помимо своей прямой функции такие сооружения служат регулировками паводкового и ливневого стока (рис. 31).

ГЭС деривационного типа (схема)

Иллюстрация "ГЭС деривационного типа (схема)" в Большой Советской Энциклопедии

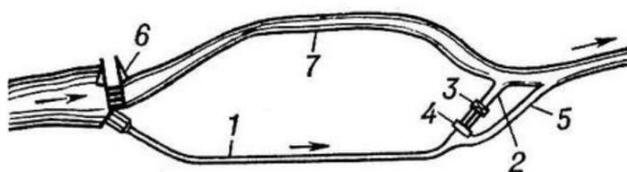


Рис. 2. Схема ГЭС деривационного типа: 1 — деривационный подводящий канал; 2 — деривационный отводящий канал; 3 — здание ГЭС; 4 — напорный бассейн; 5 — водосбросный канал; 6 — головной водозаборный узел; 7 — река.

Рисунок 31 – Деривационная ГЭС

Рассмотрим два варианта уже хорошо подготовленных концепций станций. Первый концепт представляет собой гидротурбину, которая путем создания вихря воды эффективнее раскручивает турбину и вырабатывает электроэнергию. Принцип работы малых гидроэлектростанций ни капли не отличается от принципа работы станций большой мощности. Вода движется со склонов или просто из истока по уже созданному тысячелетиями маршруту и создает механическую энергию, которую мы оборачиваем в свою пользу. Устанавливая турбины на пути водного потока, мы получаем механическую энергию, которая, вращаясь на постоянных магнитах создает электрическую с помощью генератора. Соответственно напор воды может быть, как естественным, что характерно для малых ГЭС, либо созданный искусственным путем, что характерно для крупных станций, способных перекрывать целые реки, образуя водохранилища, а затем сеть из таких водохранилищ для постоянного перегона воды (рис. 32) по ее первоначальному маршруту, имея при этом огромное количество энергии.

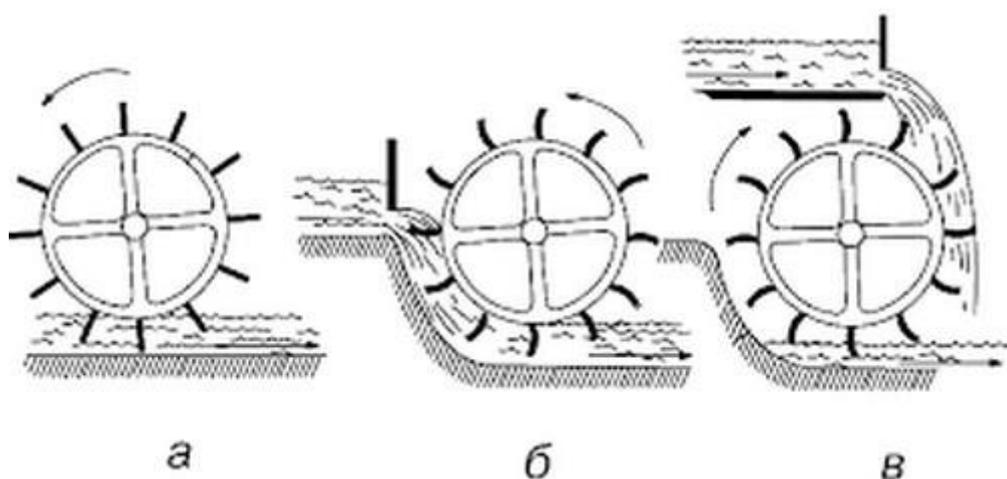


Рисунок 32 – Принцип работы мини ГЭС

Малые ГЭС – это станции, которые обладают мощностью до 5 мВт. Экологически чистый способ использования энергии рек и каналов с небольшим перепадом высот в качестве отдельного проекта или группы

турбин, питающих целые регионы. Одна турбина может вырабатывать от 15 до 70 кВт постоянной энергии круглосуточно. В составе этой станции используется турбина от VORTEX (рис. 33).

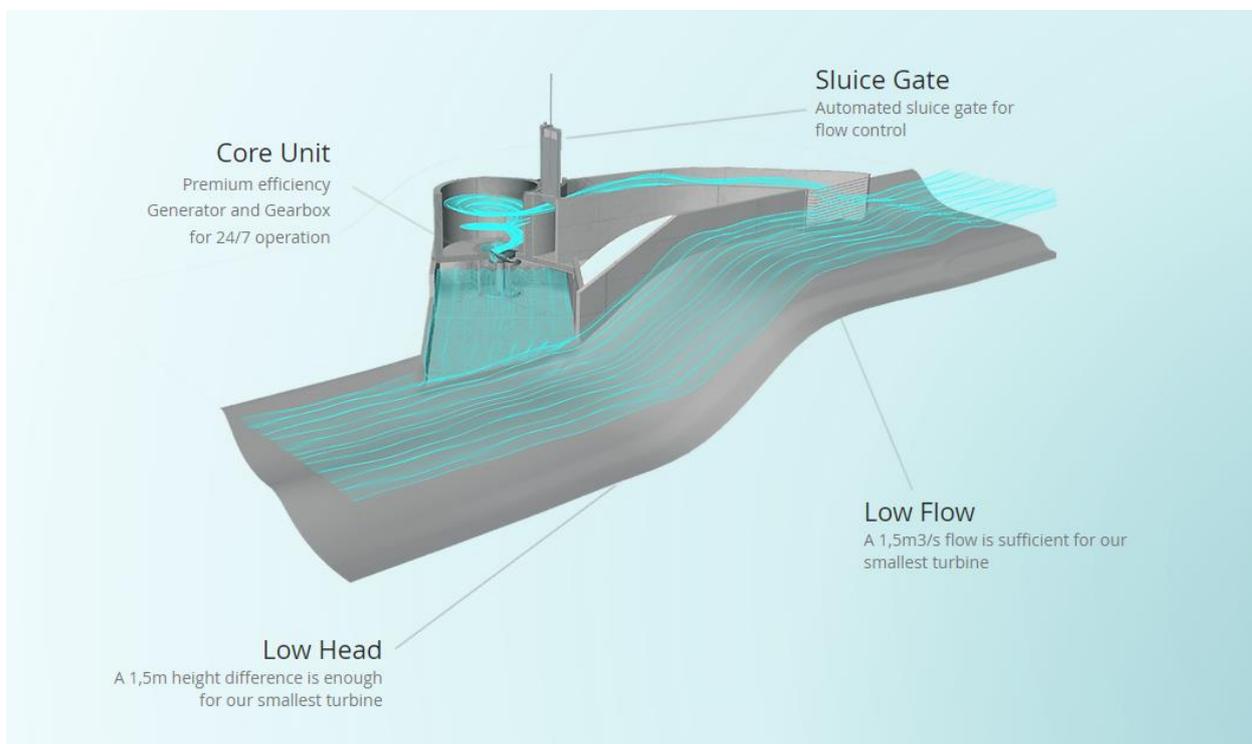


Рисунок 33 – Проект турбулентной мини ГЭС

Устройство такого проекта представляет собой котлован, сооружение из бетона или другого износостойкого материала, который формирует вихревой поток, защитная сетка с подключением контроллера ардуино, который будет следить за уровнем мусора и счищать его при срабатывании датчика и механизма сервопривода, ротор, генератор, корпус, вращающиеся элементы (лопасти), вспомогательный каркас для стабилизации конструкции на рекордных объемах [21] (рис. 34).

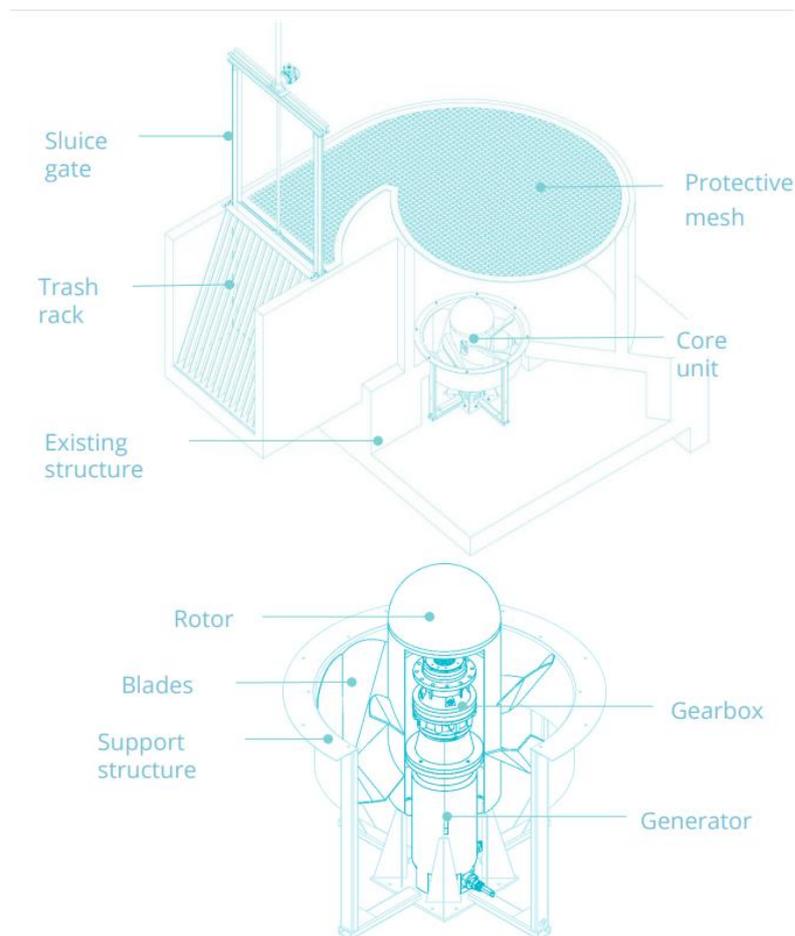


Рисунок 34 – Устройство мини ГЭС

Лопатки вихревой турбины оптимизированы для наилучшей работы в четко определенном диапазоне потоков и напоров. Из-за того, что вихревая турбина работает с открытым потоком, крайне важно тщательно подобрать комбинацию напора и расхода, которая гарантирует наилучшую производительность при проектировании и эксплуатации деталей на каждом объекте. Стандартные размеры рабочего колеса турбины варьируются от 1,3 до 1,9 метра, а стандартная выходная электрическая мощность - от 15 до 70 кВт. Для удовлетворения более высоких требований к энергопотреблению все стандартные модели могут быть объединены и установлены в кластеры (рис. 35) [30].

HFLH standard range	Min	Max	Unit
Flow	1.5	4.7	m ³ /s
Head (inflow channel to tailwater level)	1.4	2.7	m
Hydraulic efficiency at BEP	0.65	0.75	-
Inflow channel required water depth	1.3	2.3	m
Impeller diameter	1.3	1.9	m
Impeller rotational speed	40	100	rpm

Рисунок 35 – Таблица минимальных и максимальных параметров для подобных ГЭС

Для расчета установки подобных станций в горных регионах Урала понадобится рассмотреть точные перепады высоты потоков, если имеются подробные карты с контурными линиями или была проведена топографическая съемка, общий напор можно определить, обратившись к этим пособиям. В противном случае для определения напора можно использовать следующие методы. Теперь вы измерите разницу высот между входом и выходом вашей будущей турбины. Можно использовать следующие методы: Спиртовой уровень и планка (или бечевка): это пошаговая процедура определения общего напора ртутного столба между уровнем воды на выходе и верхним уровнем воды (у водопада/ на входе) с помощью спиртового уровня и доска. При измерении на большем расстоянии вы измеряете разницу высот в нескольких секциях (с расстоянием между ними, равным длине вашей доски). Затем вы суммируете их все, используя следующую формулу, чтобы получить общий результат (рис. 36).

$$H_g = h_1 + h_2 + h_3 \dots + h_n$$

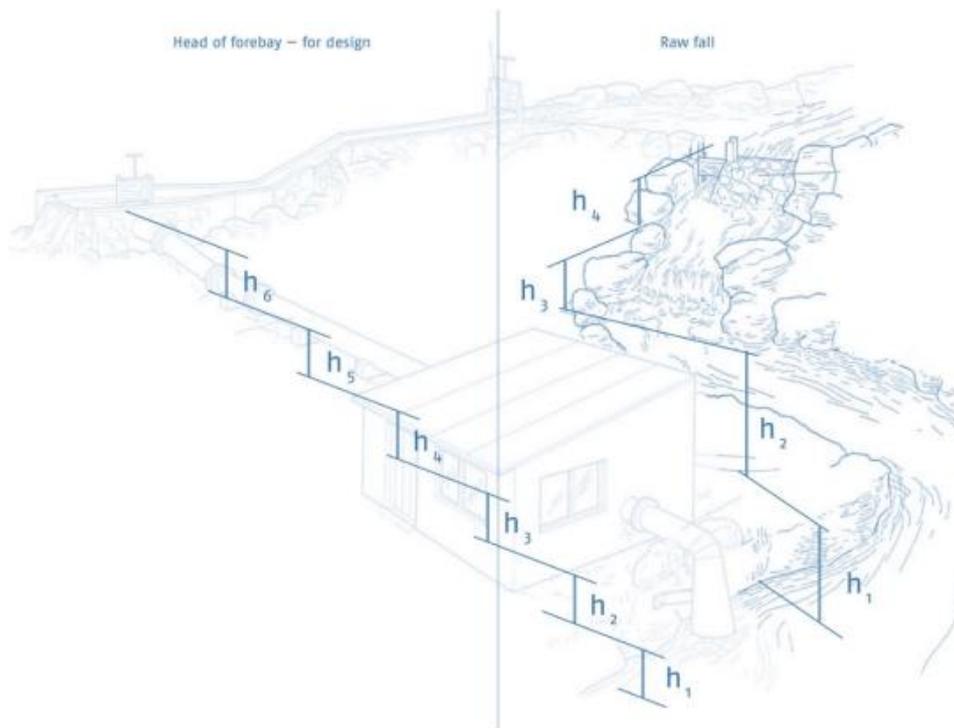


Рисунок 36 – Формула расчета перепада высоты

Правильная оценка расхода затруднена без специальных устройств, однако существует очень простой способ сделать приблизительную оценку. Это быстро покажет вам, подходит ли ваш сайт для наших турбин. Плавающий метод:

Процедура:

найдите участок воды с равномерным течением определенной длины L [м], где практически отсутствует турбулентность. Определите поперечное сечение участка путем измерения

$$V[m] \text{ и } H[m]: A = VH, \quad (10)$$

Где A – площадь поперечного сечения;

B – ширина реки;

H – глубина реки.

Чтобы определить скорость V [м/сек], измерьте время T [сек], необходимое поплавку для прохождения указанной выше длины L (дайте поплавкам разогнаться перед стартом), затем разделите длину L на время T . $V = L / T$, чтобы определить расход Q , умножьте скорость V на площадь поперечного сечения A . $Q = VA$ (рис. 37).

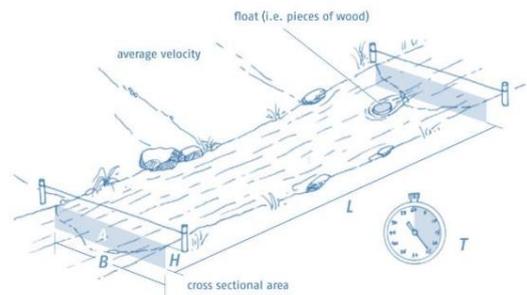
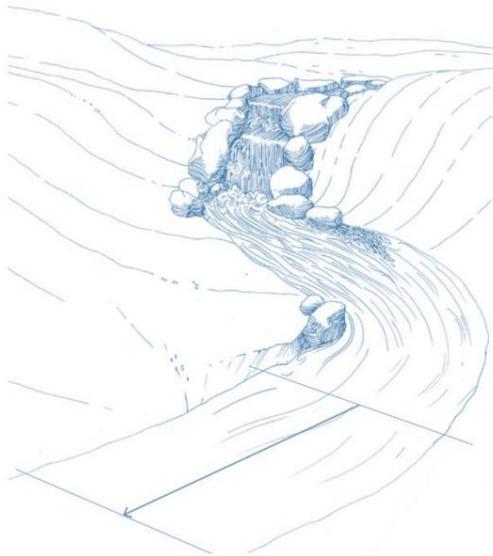


Illustration explaining the velocity-area method

Рисунок 37 – Расчет расхода

Подключение такой станции будет проходить через контроллер, который сможет распределить часть в аккумуляторные батареи для сохранности энергии и часть напрямую потребителю через инвертор, часть неиспользуемой энергии можно передать в сеть если система к ней подключена (рис. 38) [29].

СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПРОСТЕЙШЕЙ МИКРО ГЭС К ЗАГОРОДНОМУ ДОМУ



Рисунок 38 – Схема подключения микро ГЭС

Возьмем подходящий инвертор Гибридный солнечный инвертор SILA V 3000МН, который также можно подключить к ГЭС. Данный гибридный инвертор (рис. 39) отлично подойдет для наших задач, чтобы обеспечить потребителя бесперебойной энергией, но для ГЭС, что обеспечивает большее количество потребителей будет необходим другой многоканальный, более мощный инвертор.



Рисунок 39 – Гибридный солнечный инвертор

Сферы применения:

- солнечные электростанции;
- источники бесперебойного питания;
- источники резервного электропитания;
- другие области применения;
- Особенности и преимущества солнечного инвертор SILA V 3000МН (MPPT);
- Работа без аккумуляторов;
- Чистая синусоида на выходе;
- Входное напряжение от СБ до 500В;
- Мощность солнечных батарей 4 кВт;
- MPPT контроллер заряда 80 А;
- Микропроцессорное управление;
- Встроенное слежение за точной максимальной мощности (ТММ) солнечной батареи (MPPT);
- Несколько режимов работы: параллельно с сетью, автономно, параллельно с сетью в режиме резервного источника питания;
- Защита от короткого замыкания и перегрузки;

- Автоматический перезапуск при восстановлении питания переменного тока;
- Большой жидкокристаллический дисплей отображает всю основную информацию о работе системы солнечного электроснабжения;
- Возможности для соединения с компьютером для настройки и мониторинга работы системы электроснабжения;
- Регулировка зарядного тока;
- Настройка нижнего и верхнего порога зарядки аккумуляторов

Устройство может работать в нескольких режимах.

Таблица 2 – Технические характеристики инвертора:

Технические характеристики	
Модель	SILA V 3000MH
Тип устройства	Бестрансформаторный
Мощность	3000ВА / 3000Вт
Пиковая мощность	6000ВА / 6000 Вт (< 5 сек)
Входное напряжение	24 В
Функция удаленного управления и мониторинга (дополнительно)	Есть
Функция мониторинга через сотовую сеть (дополнительно)	Есть
Функция параллельного подключения (дополнительно)	Нет
Параметры Инвертора	
Форма выходного сигнала	Чистый синус
Встроенный контроллер заряда	MPPT
Выходное напряжение	230В +-5%
Частота	50 гц
КПД	93%
Защита от перегрузки	110-150% - 10 с; >150% - 5 с

Продолжение таблицы 2

Номинальное входное напряжение DC	24 В
Собственное потребление	1,5 А / 35 Вт
Параметры заряда от сети	
Ток заряда	10 - 60 А (Задается программно)
Максимальное напряжение аккумуляторов	29,2
Напряжение аккумуляторов в буферном режиме	27
Параметры заряда	
Максимальная мощность	4000 Вт
Ток заряда	10 - 80 А (задается программно)
Номинальное напряжение аккумуляторов	24 В
Нижний и верхний пороги напряжения аккумуляторов	задаются программно
Максимальное напряжение солнечных батарей	500 В
Диапазон рабочего напряжения солнечных батарей	120 ~ 450 В
Параметры заряда от сети и солнечных батарей	
Максимальная сила тока	140 А
Сила тока (по умолчанию)	60 А
Параметры сети	
Форма входного сигнала	Чистый синус (сеть или генератор)
Номинальное входное напряжение	230В +-5%
Допустимое значение входного напряжения	90~280VAC (Обычный режим), 170~280VAC (UPS режим)
Прочие характеристики	
Температура хранения, С	от -15°С до +60°
Рабочая температура, С	от -10°С до + 55°
Влажность	5~95%
Габариты, мм	100 x 300 x 440
Вес нетто, кг	9

3.2 Гибридные системы энергоснабжения для удаленных участков

Также возможна установка гибридных домов, с подключением всех источников: микро ГЭС, ветряк, солнечные батареи. Для такого подключения, необходимо будет иметь мощный многоканальный инвертор (рис. 40) до 50-100 кВт, который будет оснащен каналами с контроллерами для приема и передачи энергии с трех источников и перенаправить либо в батареи, либо потребителю. Такой инвертор представлен на рисунке.



Рисунок 40 – Сетевой инвертор SOFAR 100000TL 3-фазы

Сетевой солнечный инвертор SOFAR 100000TL 3-фазы для микрогенерации это современный и высокоэффективный трехфазный фотоэлектрический сетевой инвертор с десятью MPPT контроллерами. Данный инвертор полностью подходит для построения гелиосистемы для экономии и продажи электроэнергии в сеть (объекта микрогенерации). Инверторы серии TL имеют уникальную встроенную функцию - возможность снижения мощности по команде делимитера (устройства, отслеживающего передачу электроэнергии в сеть). Датчики делимитера устанавливаются перед счетчиком, если определяется отдача электроэнергии в сеть, делимитер дает команду инвертору снизить вырабатываемую мощность. Тем самым предотвращается отдача электроэнергии в сеть (очень часто российские счетчики считают отданную электроэнергию как потребленную). Сетевой инвертор используется только совместно с городской сетью, принцип его работы заключается в подмешивании (добавлении) энергии, вырабатываемой солнечными батареями в вашу сеть для обеспечения дополнительной нагрузки или экономии. К примеру, если текущее потребление на вашем объекте 10 кВт*ч, а солнечные батареи вырабатывают 6 кВт*ч, то из городской сети вы возьмете всего 4кВт*ч, а оставшиеся 6кВт*ч в вашу сеть вольт сетевой инвертор [28].

Таблица 3 – Технические характеристики SOFAR 100000TL:

Технические характеристики	
Модель	SOFAR 100000TL 3-фазы
Тип устройства	Бестрансформаторный SOFAR 100000TL 3-фазы
Мощность	100 кВт
Гарантия	5 лет
Вход (Постоянное напряжение):	
Максимальная мощность DC	130 кВт

Продолжение таблицы 3

Максимальное входное напряжение	1100 В постоянного тока
Минимальное (стартовое) напряжение	250 В постоянного тока
Номинальное напряжение постоянного тока	600 В постоянного тока
Диапазон напряжений МРР	200 В ~ 1000 В
Диапазон напряжений МРРТ при полной нагрузке	530 В ~ 800 В
Число контроллеров МРРТ слежения	10
Число входов DC (для каждого МРРТ)	2
Максимальный ток (для каждого МРРТ контроллера)	26 А
Выход (Переменное напряжение):	
Номинальная мощность AC	100 кВт
Максимальная мощность AC	100 кВт
Номинальное напряжение	3/N/PE, 3/PE, 230/400Vac
Диапазон выходного напряжения	310В - 480В
Максимальный ток AC	160 А
Номинальная частота	50Гц / 60Гц
Диапазон частоты	47~53 / 57~63Hz (согласно местным стандартам)
Коэффициент мощности ($\cos\theta$)	1
Отклонение (THD%)	<3%
Количество фаз	3
Максимальная эффективность	99%
Защита и Связь:	
Защитные функции	Anti Island Protection (ENS), Перенапряжение, Превышение тока, Превышение температуры, Ток утечки (УЗО), Обратная полярность, Мониторинг ошибок заземления
DC переключатель	Да
Защита от обратной полярности DC	Да

Продолжение таблицы 3

Сертификат	CE, CGC, ZVRT, AS4777, AS31000. VDE 4105, C10-C11, G59, IEC 62116, IEC 61727, IEC 61683, IEC 60068 (1,2, 14, 30), IEC 61000, IEC 62109-1/2
Блок управления питанием	Согласно сертификации и запросу
Стандартный режим связи	RS485; Wi-Fi; Ethernet; GPRS; PLC
Хранение рабочих данных	25 лет
Прочие характеристики:	
Собственное потребление (ночью)	< 1 Вт
Степень защиты IP	IP65 (Водонепроницаемый, подходит для наружного применения]
Охлаждение	Вентилятор
Температура	-25°C ~ +60°C
Влажность	0~100%
Уровень шума	< 60 дБ
Интерфейс	Wi-Fi, RS 485, WLAN
Дисплей	жидкокристаллический
Размеры, вес:	
Длина	1051 мм
Высота	660 мм
Ширина	340 мм
Вес	84 кг

Объединенные системы можно будет размещать в южном/центральном Урале и в кавказских горах на территории РФ. Пример такой системы показан на рисунке 41.

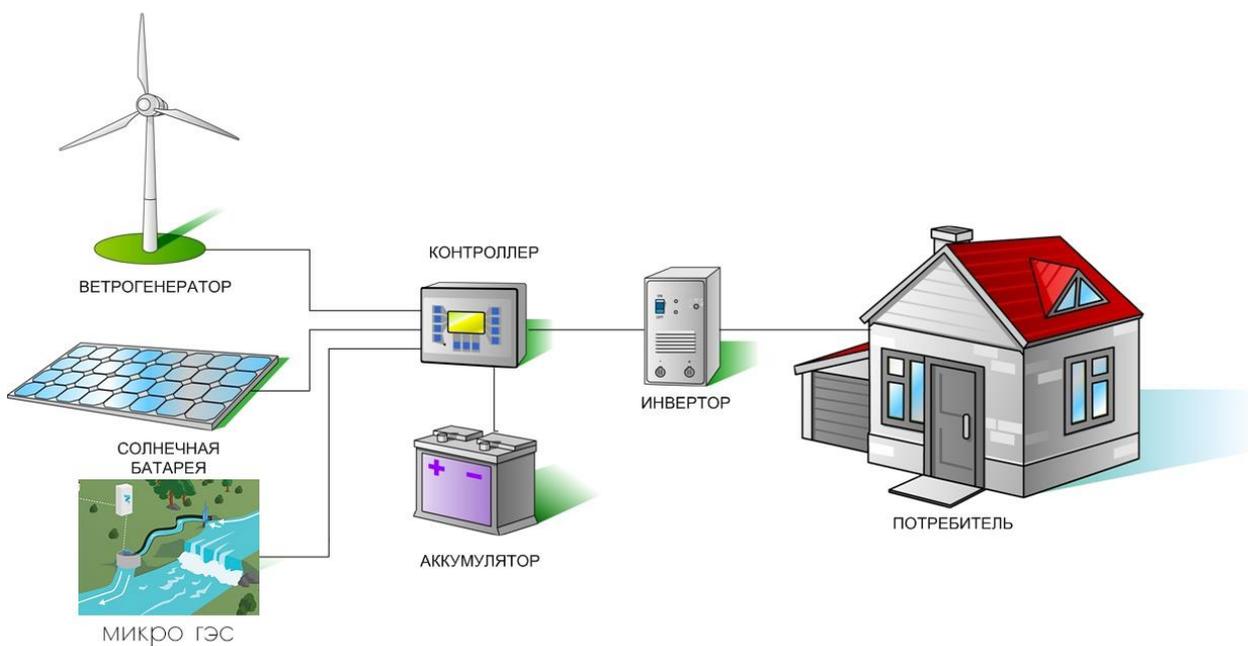


Рисунок 41 – Гибридное подключение

Для более доступных мест, где располагаются большие селения можно использовать такую схему подключения как на рисунке 42.

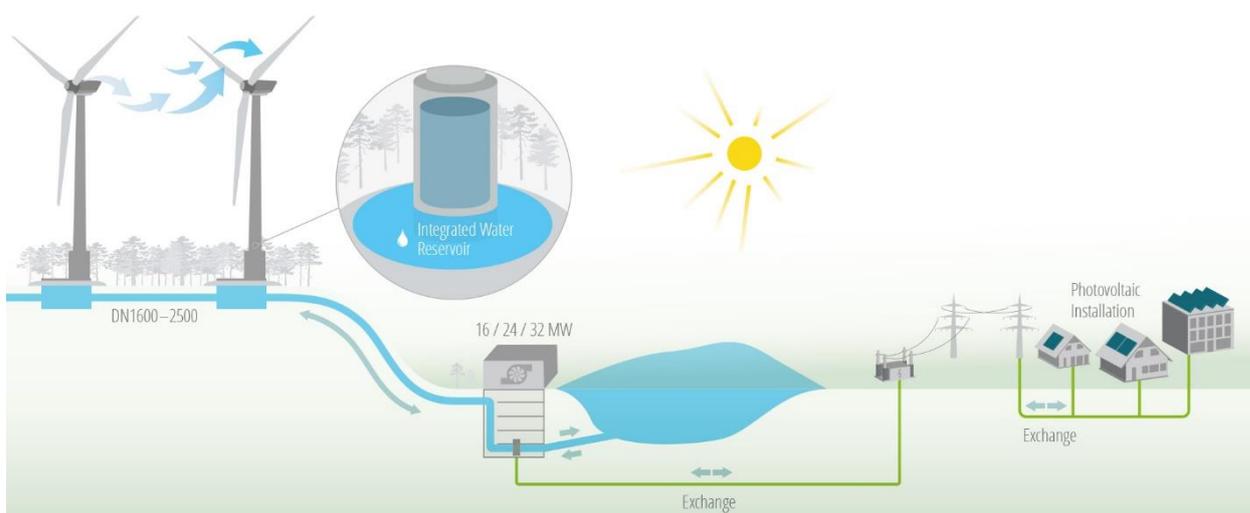


Рисунок 42 – Гибридная станция

Затрудненные горные регионы Урала и Чечни могут быть обеспечены чистой гибридной энергией. Так как в Чечне (рис. 43) до сих пор большое количество горных деревень, которые окружены горными реками и имеют достаточно большое количество солнечных дней в году.

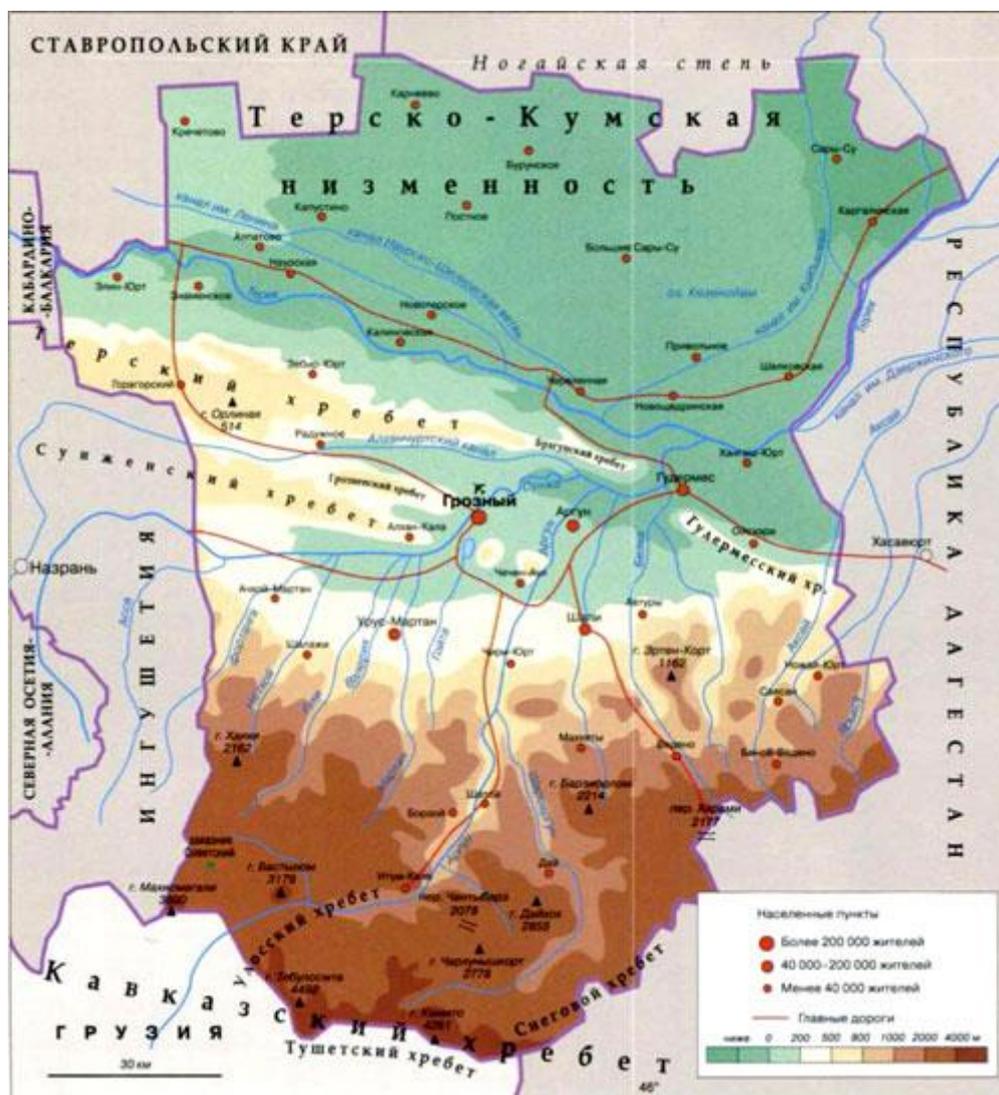


Рисунок 43 – Карта Чечни и кавказских гор с реками

Как мы видим в горной местности проживает большое количество людей, которые нуждаются в бесперебойной энергии. Скорость течения рек и притоков составляет примерно 1 м/с, что идеально подходит для установки

мини ГЭС или же гибридных станций. Будущее за гибридной энергетикой (рис. 44).



Рисунок 44 – Гибридная энергетика

Выводы по третьему разделу

Горная местность отлично подходит для размещения мини/микро ГЭС за счет больших перепадов воды и быстрого течения воды.

Используя гибридные гидро-фотоэлектрические системы в южных регионах, можно обеспечить себя бесперебойной энергией без риска быть обесточенными.

Большинство рек Урала и Чечни соответствуют всем правилам установки гибридных систем.

Устройство мини/микро ГЭС не вредит биообразованию рек, не грозит изменениями ландшафта и всей экосистеме.

Автоматизированная очистка сетки упрощает обслуживание и продляет срок службы ГЭС.

Довольно просто рассчитать каких объемов и какой генератор с турбиной необходимо подобрать для полного покрытия потребностей.

Почти полная обособленность от централизованной системы электроэнергетики.

Заключение

В магистерской работе подробно рассмотрены большинство видов альтернативной энергетики, а именно: ГЭС, СЭС, ВЭС. Устройства, принципы работы и актуальность.

Наглядно рассмотрен вопрос горных рек Чечни и Урала, исследована средняя скорость течения и рассмотрены перепады высот для установки малой ГЭС, чтобы мощности выработки хватало небольшому количеству потребителей.

По результатам проведенного инструментального исследования солнечной и ветряной активности были установлены самые оптимальные места для установки СЭС и ВЭС в РФ. Расположения подобраны пропорционально солнечной активности и течению ветров в РФ, чтобы станция могла обеспечить нормальную выработку, которая будет окупать ее установку и выдавать энергию потребителю.

Подробно рассмотрены мероприятия по улучшению автономных СЭС и ВЭС путем добавления систем автоматической очистки как лопастей, так и батарей.

В результате выбрана разработка малой ГЭС для горной местности с небольшой выработкой, но не наносящей вред окружающей среде и работающей бесперебойно за счет вихревого потока воды.

Выбраны варианты мест установки малой ГЭС на уральских и черных горах.

Рассмотрены варианты гибридного обеспечения электроэнергией путем совмещения солнечных батарей, ветряка и малой ГЭС для круглогодичной бесперебойной выработки электроэнергии ею потребителей. Гибридные системы могут состоять из разных комбинаций альтернативных источников электроэнергии, также возможно аккумулирование вырабатываемой энергии для ее дальнейшего использования при случае аварийного отключения остальных.

Список используемой литературы

1. Аманов А., Гуртгелдиев А., Мяммедова Б. Развитие альтернативных источников // IN SITU. №. 1. 2023. С. 103-105.
2. Артюшевская Е.Ю. Солнечная энергетика и перспективы развития // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. 2021. № 95. С. 71-74.
3. Альтернативные источники энергии – Обзор. Плюсы и минусы. [Электронный ресурс]: URL: <https://mv-eng.by/blog/41-alternativnye-istochniki-energii-obzor-plyusy-i-minusy/> (дата обращения: 12.02.2023).
4. Виды современных ГЭС: преимущества и недостатки: [Электронный ресурс]: URL: <https://polislov.ru/gidroenergetika-plyusy-i-minusy/> (дата обращения: 13.03.2023).
5. Вагапова, Т. А. Традиционные и альтернативные источники энергии // StudNet. 2021. № 7. С. 1455-1463.
6. ГОСТ Р 54531-2011 Нетрадиционные технологии. Возобновляемые и альтернативные источники энергии. Термины и определения: дата введения 01.12.2018. // Москва: официальное издание М.: Стандартиформ. 2013. 16 с.
7. Гончаров, Р.Д. Альтернативные источники энергии / Р.Д. Гончаров // Вестник науки и образования. 2016. № 2. С. 26-27.
8. Гидроэнергетика растет несмотря на пандемию [Электронный ресурс]: URL: <https://eenergy.media/2021/06/15/gidroenergetika-rastet-nesmotrya-na-pandemiyu/?ysclid=l4smpce19g136816209>. (дата обращения: 15.02.2023).
9. Гидроэнергетика России: [Электронный ресурс]: URL: <http://newsruss.ru/doc/index.php/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8>

%D0%BA%D0%B0_%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B8
(дата обращения: 12.03.2023).

10. Гидроэнергетика России: сайт. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.eeseaec.org/elektroenergeticeskij-kompleks-rossii/gidroenergetika-rossii> (дата обращения: 12.04.2023).

11. Гидроэнергетика: плюсы и минусы: сайт. [Электронный ресурс]: URL: <https://polislov.ru/gidroenergetika-plyusy-i-minusy/> (дата обращения: 22.03.2023).

12. Земсков В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК: учебное пособие // Санкт-Петербург: Лань. 2014. 368 с.

13. Как работает энергия ветра? [Электронный ресурс]: URL: http://itw66.ru/blog/alternative_energy/656.html (дата обращения: 12.02.2023).

14. Клименко В.В. Гидроэнергетика России в условиях глобальных изменений климата // Доклады академии наук. 2019. Т. 484. № 2. С. 156-160.

15. Солнечные электростанции. СЭС. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.gigavat.com/ses.php> (дата обращения: 14.03.2023).

16. СТО 70238424.27.140.003-2010 Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.: дата введения 2010-09-30. М.: НП "ИНВЭЛ". 2010. 222 с.

17. Мишина Л.Г. Котова Д.К. Смирнова А.А. «Зеленая» энергетика в системе мировой экономики: опыт разных стран, современное состояние и перспективы // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. Номер 2: [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/izvestiya-vysshih-uchebnyh-zavedeniy-povolzhskiy-region-obshchestvennye-nauki?i=1106066>. (Дата публикации: 14.03.2023).

18. Никитенко Г.В. Автономное электроснабжение потребителей с использованием энергии ветра: монография // Ставрополь: СтГАУ. 2015. 152 с.

19. Нужна ли малая ГЭС на Нерче? [Электронный ресурс]: URL: <https://ksenevka2012.livejournal.com/260607.html> (дата обращения: 03.03.2023).
20. Проблемы энергосбережения России [Электронный ресурс] URL: <http://docplayer.ru/39654738-Problemuy-energoberezheniya-v-rossii.html>. (дата обращения 05.03.2023).
21. Чо Г.Ч. Задачник по проектированию СЭС // Г.Ч. Чо. М.: МЭИ. 2017. 73 с.
22. Энергия ветра и ветроэнергетика // [Электронный ресурс] URL: <https://alteco.in.ua/technology/vetroenergetika> (дата обращения: 13.04.2023).
23. Энергия ветра и солнца в Казахстане оценивается в триллион киловатт-часов // [Электронный ресурс] URL: <https://tengrinews.kz/markets/energiya-vetra-solntsa-kazahstane-otsenivaetsya-trillion-200531/> (дата обращения: 23.05.2023).
24. Dr. Franklin Ed Calculations for a Grid-Connected Solar Energy System // Ed Dr. Franklin. Arizona: The University of Arizona Cooperative Extension, 2019. 20 с.
25. Dominguez A. Effects of solar photovoltaic panels on roof heat transfer // Solar Energy Journal . University of South Florida. USA : gsre. 2011. С. 2244-2255.
26. Dacheng Li Study on the cleaning and cooling of solar photovoltaic panels using compressed airflow. Li Dacheng // Solar Energy. 2021. № 221. С. 433-444.
27. Germany generates record amount of electricity from wind // <https://thehill.com/> : сайт. – URL: <https://thehill.com/policy/energy-environment/3798820-germany-generates-record-amount-of-electricity-from-wind/> (дата обращения: 19.05.2023)
28. Padhan S. K., Nahak C. Journal of Control Science and Engineering // Hindawi Publishing Corporation. Egypt, 2016. PP. 45-61.
29. Telkomnika Wang Y., Wang Yong, Li Shun-chu. Indonesian Journal

of Electrical Engineering // Institute of Advanced Engineering and Science. Indonesia, 2016. PP. C. 24-35.

30. Tao Y. Hongxing G. Development of inline hydroelectric generation system from municipal water pipelines // Energy. 2018. T. 144. № 2. C. 535-548.

31. Burton T., Jenkins N., Bossanyi E. Wind Energy Handbook // Third edition. Hoboken. NJ: Wiley. 2021. 1008 c.