

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ
Кафедра «Гидроэнергетики, гидроэлектростанций, электроэнергетических
систем и электрических сетей»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ _____
подпись, дата инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ
РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ГЕЛИО-ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

13.04.02.06 Гидроэлектростанции

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Научный руководитель	_____	Профессор кафедры ГГЭЭС, доктор <u>технических наук</u>	<u>М.Ф. Носков</u> инициалы, фамилия
	подпись, дата	должность, ученая степень	
Выпускник	_____		<u>Ю.В. Курочкина</u> инициалы, фамилия
	подпись, дата		
Рецензент	_____	Начальник ЦРВО <u>ООО «ИСО»</u>	<u>А.В. Децура</u> инициалы, фамилия
	подпись, дата	должность, ученая степень	
Нормоконтроль	_____		<u>А.А. Чабанова</u> инициалы, фамилия
	подпись, дата		

Саяногорск; Черёмушки 2020

АННОТАЦИЯ

Тема магистерской диссертации: «Разработка гибридной гелио-гидроэлектростанции».

Объектом исследования при написании работы послужил потенциал использования возобновляемых источников энергии в децентрализованных районах Красноярского края.

Предметом исследования является проект гибридной гелио-гидроэлектростанции.

Целью работы является создание пилотного проекта гибридной гелио-гидроэлектростанции, расчёт в программе Homer.

Задачи исследования:

- Анализ децентрализованных зон электроснабжения Красноярского края, выявления их основных проблем и перспектив развития;
- Провести анализ солнечной активности Красноярского края, выявить её максимальные и минимальные показатели;
- Провести оценку гидроресурсов местности;
- На основании полученных данных произвести расчёт;
- Моделирование работы системы в программе Homer;
- Проанализировать экономические показатели проекта.

Объём диссертации: составляет 70 страниц, 44 рисунка, 9 таблиц.

Публикации. По основным результатам опубликовано 2 печатные работы.

Ключевые слова: солнечная энергетика, себестоимость электроэнергии, солнечная инсоляция, гибридная гелио-гидроэлектростанция, фотоэлектрическая установка, возобновляемые источники энергии, децентрализованные системы.

В магистерскую диссертацию входят: введение, пять глав и заключение.

Во введении раскрывается актуальность исследования по выбранному направлению, указывается его значимость, ставятся цели и задачи, необходимые для её реализации.

Первая глава отражает общие сведения о возобновляемых источниках энергии (ВЭИ), перспективы развития ВЭИ.

Вторая глава посвящена обоснованию выбранного региона. Осуществляется анализ солнечного и гидроэнергетического потенциала Красноярского края. Осуществляется выбор места установки гибридной гелио-гидроэлектростанции.

Третья глава посвящена подбору необходимого оборудования.

В четвёртой главе осуществляется моделирование системы, симуляция работы гибридной гелио-гидроэлектростанции в программе homer. Анализ полученных результатов.

В пятой главе осуществляется технико-экономическое обоснование.

В заключении подведены итоги о работе, проделанной в настоящей магистерской диссертации.

АВТОРЕФЕРАТ

Важнейшей характеристикой энергетики в децентрализованных районах является надежность всех звеньев топливно-энергетической системы. Это сказывается не только на эффективности функционирования народного хозяйства, но и на здоровье и жизни людей, которые в случае отключения электроэнергии оказываются наедине с суровой природой без основной системы жизнеобеспечения.

Проблема надежности электроснабжения, острая для многих стран, трансформируется в энергетическую безопасность субъектов Российской Федерации. Затраты на дизельные электростанции в северных населенных пунктах на ежегодную закупку и поставку дизельного топлива для дизельных электростанций составляют более 65% стоимости всей вырабатываемой ими электроэнергии и постоянно растут. Основными проблемами энергоснабжения децентрализованных потребителей являются дальние перевозки топлива с учетом ограниченного времени сезонной доставки в труднодоступные районы. Низкий уровень развития транспортной инфраструктуры и сложность процесса доставки топлива приводят к высоким потерям и многократному увеличению его стоимости. В децентрализованных районах общая стоимость электроэнергии достигает 39 рублей и более за 1 кВт * ч, что значительно превышает мировой уровень. Эксплуатация устаревших и физически изношенных автономных источников питания определяет их неудовлетворительное техническое состояние, низкий КПД (удельный расход топлива на производство на дизельных электростанциях в отдельных точках достигает 500-600 г / кВт * ч при КПД 20-25%), что приводит к недостаточной надежности электроснабжения и неоправданно высоким финансовым затратам. Кроме того, за последние десять лет резко сократились объемы нового строительства линий электропередач, а реконструкция старых была приостановлена. Более 60% линий электропередач и трансформаторных подстанций вышли из строя и требуют капитального ремонта, что приводит к периодическим аварийным отключениям электроэнергии, опасным для жизни в длительный зимний период.

Внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) позволит частично или полностью заменить существующие в настоящее время автономные дизельные энергосистемы (с износом 70-80%), которые не обеспечивают надежного электроснабжения изолированных потребителей и обеспечивают экономию дорогостоящего топлива. В настоящее время Правительство Российской Федерации активно поддерживает развитие возобновляемых источников энергии, в частности солнечной и гидроэнергетики. Актуальным является вовлечение фотоэлектрических и гидроэлектростанций в энергетический баланс регионов Красноярского края, изолированных от энергосистем, с целью повышения надежности электроснабжения и эффективности энергоснабжения за счет вытеснения импортного органического топлива из энергетического баланса Автономной энергосистемы.

ABSTRACT

The most important characteristic of energy in decentralized areas is the reliability of all parts of the fuel and energy system. This affects not only the efficiency of the national economy, but also the health and lives of people who, in the event of a power outage, find themselves alone with harsh nature without a basic life support system.

The problem of power supply reliability, which is acute for many countries, is being transformed into the energy security of the subjects of the Russian Federation, especially those located in remote areas with Autonomous power supply. The cost of diesel power plants in Northern localities for the annual purchase and supply of diesel fuel for diesel power plants is more than 65% of the cost of all electricity generated by them and is constantly growing. The main problems of energy supply to decentralized consumers are long-distance transportation of fuel, taking into account the limited time of seasonal delivery to hard-to-reach areas. The low level of transport infrastructure development and the complexity of the fuel delivery process lead to high losses and a multiple increase in its cost. In decentralized areas, the total cost of electricity reaches 39 rubles or more per 1 kWh, which is significantly higher than the world level. The operation of outdated and physically worn-out Autonomous power sources determines their unsatisfactory technical condition, low efficiency (the specific fuel consumption for production at diesel power plants in some points reaches 500-600 g / kWh at an efficiency of 20-25%), which leads to insufficient reliability of power supply and unreasonably high financial costs. In addition, over the past ten years, the volume of new construction of power lines has sharply decreased, and the reconstruction of old ones has been suspended. More than 60% of power lines and transformer substations are out of order and require major repairs, which leads to periodic power outages that are life-threatening during the long winter period.

The introduction of renewable energy sources (RES) will partially or completely replace the currently existing Autonomous diesel power systems (with 70-80% wear and tear), which do not provide reliable power supply to isolated consumers and save expensive fuel. Currently, the Government of the Russian Federation actively supports the development of renewable energy sources, in particular solar and hydro power. It is relevant to involve photovoltaic and hydroelectric power plants in the energy balance of regions of the Krasnoyarsk territory that are isolated from power systems in order to improve the reliability of power supply and energy efficiency by displacing imported organic fuel from the energy balance of the Autonomous power system.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Энергетическая безопасность и современные тренды развития энергетики в России и мире	7
1.1 Возобновляемые источники энергии и их особенности	7
1.2 Возобновляемые источники энергии как экономический ресурс.....	7
1.3 Развитие возобновляемых источников энергии в России	11
1.3.1 Использование солнечной энергетики в России.....	12
1.4 Тенденции развития возобновляемых источников энергии в мире	13
1.5 Тенденции развития альтернативной энергетики.....	14
1.5.1 Механизмы стимулирования и поддержки развития ВИЭ.....	17
2 Обоснование выбора региона для установки гибридной гелио-гидростанции	19
2.1 Краткие сведения о Красноярском крае	19
2.2 Анализ потенциальных потребителей от генерирующих мощностей возобновляемых источников энергии.....	20
2.3 Оценка ресурсов солнечной энергетики в Красноярском крае.....	24
2.4 Оценка ресурсов гидроэнергетики в Красноярском крае	28
2.4.1 Анализ гидроэнергетического потенциала районов Красноярского края	29
2.5 Выбор места установки гибридной гелио-гидроэлектростанции.....	33
2.5.1 Обоснование выбора посёлка Огур Балахтинского района для электроснабжения	33
3 Выбор оборудования для гибридной гелио-гидроэлектростанции	35
3.1 Методические подходы и требования при проектировании солнечной электростанции.....	35
3.2 Выбор фотоэлектрической установки.....	36
3.3 Выбор аккумуляторной батареи.....	40
3.4 Выбор инвертора.....	42
3.5 Выбор контроллера.....	43
3.6 Выбор гидроэнергетической установки	44
4 Расчёт гибридной гелио-гидроэлектростанции в программном комплексе....	48
4.1 Расчёт в программе «НОМЕР». Задание исходных данных для расчёта	49
4.2 Расчёт оборудования в программе НОМЕР.....	51
4.3 Расчёт гибридной гелио-гидроэлектростанции	54
4.4 Сравнение гибридной гелио-гидроэлектростанции и дизельной станции	62
5 Техничко-экономическое обоснование проекта гибридной гелио-гидроэлектростанции	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	68
ПРИЛОЖЕНИЕ А Параметры инвертора	71
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Параметры контроллера	72

ВВЕДЕНИЕ

Развитие энергетики оказывает огромное влияние на развитие экономики современного мира. Самый большой экономический подъем в истории связан с увеличением доступности дешевых энергетических ресурсов и сырья. Развитие индустриализации в Советском Союзе, США и Западной Европе происходило в условиях стремительного освоения новых энергетических ресурсов, и сегодня развитие энергетики остается важным условием развития национальных экономик в современном мире.

Несмотря на постоянное развитие энергетики, проблема надежного энергоснабжения становится все более острой, несмотря на значительные усилия и затраты, направленные на развитие ресурсосберегающих технологий. Около 65% территории России имеют зоны с автономным электроснабжением, общая численность населения, проживающего на этой территории, составляет около 14 млн человек. В большинстве регионов России есть территории, испытывающие острую нехватку электроэнергии не только для обеспечения занятости населения, но и для обеспечения электроэнергией населенных пунктов, особенно небольших сел и деревень, удаленных от линий электропередач.

Ежегодные затраты на закупку и поставку дизельного топлива для дизельных электростанций в ряде случаев составляют более 60% от стоимости всей вырабатываемой ими электроэнергии. Общая стоимость электроэнергии в таких районах достигает 40 рублей и более за 1 кВтч.

Даже если дизельное топливо частично заменяется электроэнергией, вырабатываемой малыми гидроэлектростанциями и солнечными электростанциями, затраты на топливо снижаются. В результате через несколько лет выходит экономия денежных средств, которые ежегодно тратятся на покупку и доставку дизельного топлива в населенные пункты с децентрализованным электроснабжением.

Внедрение альтернативной энергетики на основе возобновляемых источников энергии позволит создать надежные, редко обслуживаемые системы энергоснабжения. Использование фотоэлектрических и гидроэлектростанций в энергобалансе регионов Красноярского края, изолированных от энергосистем, с целью повышения надежности электроснабжения и эффективности энергосбережения за счет вытеснения импортного органического топлива из энергобаланса автономной системы электроснабжения является актуальным направлением.

1 Энергетическая безопасность и современные тренды развития энергетики в России и мире

1.1 Возобновляемые источники энергии и их особенности

Известно, что ежегодно мир потребляет столько нефти, сколько она образуется в реальных условиях за 2 миллиона лет [1]. А по разным оценкам, запасы нефти иссякнут через 40-50 лет, газа и угля-через несколько лет. И тогда возникнет острая необходимость в поиске новых возобновляемых источников энергии.

Возобновляемые источники энергии — это источники энергии, которые постоянно обновляются в биосфере Земли, включая солнечную, ветровую, океаническую, речную гидро-, геотермальную и биомассную энергию. Среди всех возобновляемых источников энергии солнечная энергия является наиболее перспективной с точки зрения ее распространенности [2]. В конечном счете, мы можем сказать, что вся промышленность использует энергию солнца. В конце концов, нефть, уголь и даже ветер также являются продуктами солнечной активности. Но, в отличие от них, солнечная энергия неисчерпаема.

В настоящее время возобновляемые источники энергии рассматриваются как серьезное дополнение к традиционным [3]. Эти источники энергии получили аналогичную роль после энергетического кризиса 1973 года [4].

Многие страны уделяют большое внимание развитию солнечной энергетики. Прежде всего, это страны Европейского Союза, Япония и Соединенные Штаты. В настоящее время одним из лидеров в практическом использовании солнечной энергии является Швейцария, где построено 3000 солнечных установок на кремниевых фотоэлектрических преобразователях мощностью от 1 до 1000 кВт и солнечные коллекторные устройства для выработки тепловой энергии. Развивающиеся страны, испытывающие нехватку национальных энергетических ресурсов, также приобретают солнечные установки для стратегических целей или для решения конкретных проблем.

1.2 Возобновляемые источники энергии как экономический ресурс

Первичные энергоресурсы делятся на возобновляемые (воспроизводимые) и невозобновляемые (невоспроизводимые). К невозобновляемым источникам энергии относятся минеральные виды топлива: уголь, торф, нефть, газ, горючие сланцы и др. (рисунок 1.1). Их еще называют традиционными энергоресурсами, так как они широко используются в качестве топливно-энергетического сырья в мировой экономике.

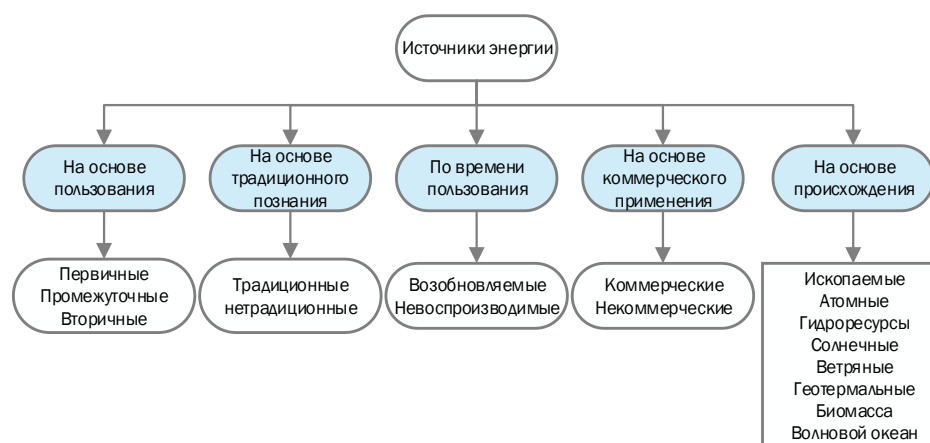


Рисунок 1.1 – Классификация источников энергии

Добыча угля, нефти и природного газа была технически доступной и относительно недорогой вплоть до середины 70-х гг. этот факт обусловил бурное развитие энергетики в XX в. В мировом потреблении энергии доля угля составляла более 25% (в 1950 году она достигла 50%), а доля газа и нефти-60%.

Химическая промышленность, в том числе производство моторных топлив и синтетических материалов, стала основными потребителями наиболее ценного технологического сырья – газа и нефти. В конце 20-го века атомная энергетика стала важным первичным энергетическим ресурсом. Атомные электростанции вырабатывают более 12% всей вырабатываемой на планете электроэнергии (середина 80-х годов), а в начале XXI века ее доля в мировом балансе электроэнергии растет в 2-2,5 раза [2].

Установлено, что за последние 10 лет электроэнергия в России подорожала в три и более раза. По прогнозам экспертов, к 2024 году электроэнергия подорожает еще в 2 раза. В результате после перехода к "ручному управлению" отраслью ситуация стала еще более тревожной: цены на электроэнергию в России не только стали дороже, чем в большинстве стран, обеспеченных энергоресурсами, но и приблизились к уровню стран, испытывающих серьезный дефицит энергетического сырья.

Возобновляемые (воспроизводимые и практически неисчерпаемые) энергетические ресурсы включают в себя:

1. **гидроэлектростанции и гидроэлектростанции** - энергия, сосредоточенная в потоках водных масс в русловых водотоках и приливных движениях. Чаще всего используется энергия падающей воды. Для повышения разности уровней воды, особенно в нижних течениях рек, сооружаются плотины.

Гидроэнергетика является важным источником энергии, который отвечает на многие экологические вопросы, но не на все. Уже к началу XX века быстрые и крупные реки стали привлекать к себе внимание, а к концу века и тысячелетий большинство этих рек уже были застроены рядами плотин, которые давали своим владельцам невероятно дешевую энергию.

Но это строительство привело к серьезному ущербу природе, окружающей среде и сельскому хозяйству. На территории ниже плотин уровень грунтовых вод понизился, большие площади высохли, озера пересохли, естественное течение

рек искажилось или прервалось, исчезли животные, зависящие от водных ресурсов. Территории ниже плотин были затоплены, что привело к не меньшим последствиям. Хотя эти недостатки не ощущались на горных реках, однако в случае землетрясения существовал высокий риск разрушения плотины и, как следствие, катастрофы, которая могла привести к гибели людей. В связи с этим современные крупные гидроэлектростанции нельзя считать полностью экологически чистыми. Эти причины легли в основу идеи создания небольших гидроэлектростанций, они могут располагаться на относительно небольших реках, их генераторы будут работать от обычной силы речного стока. Полностью развиты пропеллерные и центробежные переносные мешочные электростанции. Их мощность колеблется от 0,2 до 30 кВт. В массовом производстве такие "мини-ГЭС" способны конкурировать с крупными ГЭС по стоимости киловатт – часа. Их главное преимущество — это мобильность-их можно установить, где угодно, и одной вьючной лошади достаточно, чтобы доставить их. Следует особо выделить перспективную разработку геликоидной турбины Горлова [5]. Он не требует сильного давления и способен работать, используя кинетическую энергию воды. Такой подход позволяет снять зависимость мощности ГЭС от высоты или напора, что значительно расширяет потенциальные площади для производства чистой энергии.

2. одно из перспективных направлений возобновляемой энергетики-**солнечная энергетика** — это экологически безопасный, неисчерпаемый и дешевый источник энергии. На основе использования солнечной радиации получается энергия для горячей воды, отопления и электричества.

По оценкам специалистов, объем совокупной энергии всех мировых запасов газа, урана, нефти и угля значительно меньше солнечной энергии, достигающей поверхности Земли за одну неделю.

Стоит также отметить, что солнечная энергия не оказывает негативного влияния на экологию планеты и является "чистой". Стоит также отметить, что солнечная энергия не оказывает негативного влияния на экологию планеты и является "чистой". На рисунке 1.2 показан запас солнечной энергии.

Солнечная энергия может использоваться двумя способами:

- Солнечное отопление
- Солнечное электричество

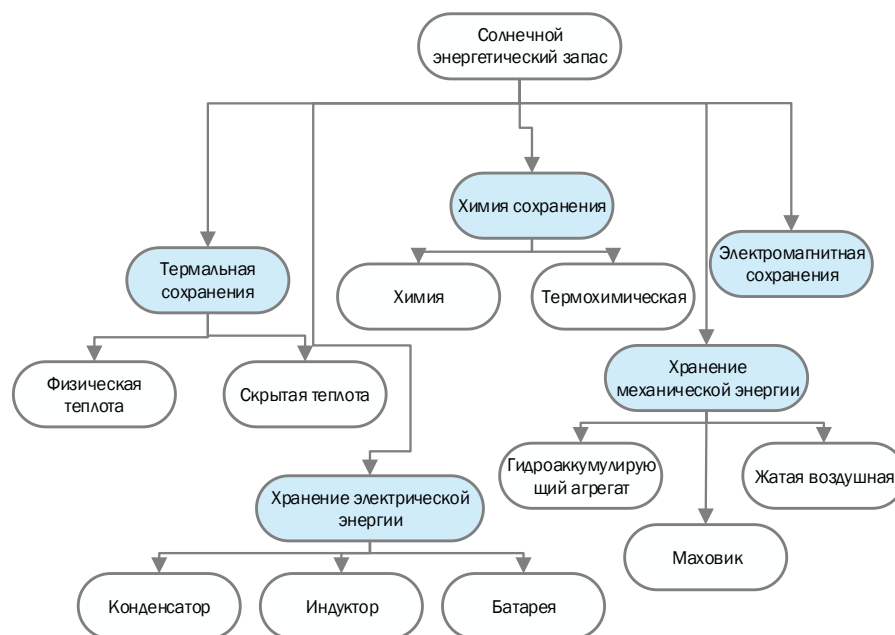


Рисунок 1.2- Хранение солнечной энергии

3. энергия ветра — это способ получения энергии путем преобразования кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в любую другую форму энергии (тепловую, электрическую или механическую). Такое преобразование возможно при наличии следующих агрегатов: ветрогенератора (вырабатывающего электрическую энергию), паруса (используемого в транспорте), ветряной мельницы (вырабатывающей механическую энергию) и др.

4. биомасса- самый древний источник энергии. до недавнего времени его применение осуществлялось путем прямого сжигания на открытом огне или в печах с низким КПД.

Биомасса относится к органическим веществам, которые образуются в растениях в результате фотосинтеза и могут быть использованы для производства энергии, в том числе всех видов растительности, растительных отходов сельского хозяйства, деревообработки и других отраслей промышленности. Кроме того, биомасса не обязательно понимается как растительные промышленные и бытовые отходы, которые утилизируются по тому же принципу.

Использование биомассы для производства энергии на основе современных технологий гораздо более экологично, чем использование энергии традиционных органических ресурсов, таких как уголь.

Потенциальные ресурсы растительной биомассы, которая может быть использована в качестве источника энергии, достигают 100 млрд т. Т. В настоящее время в мировом энергетическом балансе растительная биомасса (в основном дрова) не превышает 1 млрд т. Т. (около 12%) [7].

Таким образом, в отличие от традиционных источников энергии, которые ограничены и исчерпаны, ВИЭ являются неограниченными и неисчерпаемыми, такими как солнце, воздух, земля и вода. Характеристиками ВИЭ как экономического ресурса являются следующие:

- возобновляемая энергетика может создать новых рабочих мест,
- развитие возобновляемых источников энергии стимулировать инвестиции в экономику стран,
- проекты возобновляемых источников энергии помогают поддерживать государства и местных сообществ.
- внедрение возобновляемых источников энергии увеличивает глобальный ВВП.

1.3 Развитие возобновляемых источников энергии в России

В нашей стране вопрос возобновляемых источников энергии является довольно неоднозначным. С одной стороны, существуют огромные возможности для работы и развития в данном направлении. С другой стороны, Российская Федерация обладает большим запасом традиционных источников энергии и на данный момент их использование, наиболее экономически выгодно и менее трудозатратно, именно это усложняет развитие новой отрасли для страны.

Энергетический сектор, как одна из ключевых отраслей экономики России, продолжает расти из года в год. Россия, является четвертым по величине мировым рынком производства после Китая, США и Индии, серьезно относится к новым технологиям, направленным на повышение энергоэффективности. Производство электроэнергии из возобновляемых источников энергии: солнца, воды, ветра, морских приливов, а также тепла Земли, имеет значительные преимущества для энергетической стабильности России. В России электроэнергия поступает от 65% тепловых электростанций, 18,3% - от действующих атомных электростанций, 15,9% - от гидроэлектростанций и 2-3% - от ВЭИ.

Согласно проекту энергетической стратегии страны до 2035 года, доля новых видов возобновляемых источников энергии должна вырасти до 11%. Этот проект, разработанный российским правительством, предусматривает развитие зон энергоснабжения и децентрализацию энергоснабжения до 70% территории страны. Для отдаленных населенных пунктов существуют специальные стратегии на уровне от 10 до 20 миллионов человек с достаточным энергетическим охватом. Кроме того, экономическая ситуация в крупных городах, удручающая из-за вредных выбросов промышленных и городских структур.

В 2013 году был принят механизм стимулирования использования возобновляемых источников энергии в ОЭМ. Поставлена цель по доле ВИЭ в электроэнергетике 2,5% к 2024 году. Хотя планы России выглядят более чем скромно на фоне достижений и глобальной динамики развития ВИЭ, запуск ВИЭ в нашей стране был дан, но с очень серьезным опозданием и существенным отличием от целевых показателей зарубежных стран по доле ВИЭ в энергетическом балансе в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Предпринятые инициативы стали первым этапом в развертывании и развитии возобновляемых источников энергии в нашей стране. Однако эти меры государственной помощи, которые являются более сложными, чем их глобальные аналоги, и они уже не являются достаточными для крупномасштабного внедрения ВИЭ, требования к данным высоки, а возможность выставления на торги в несколько раз ниже, чем в других странах.

1.3.1 Использование солнечной энергетики в России

Теоретический потенциал солнечной энергии в России составляет более 2300 миллиардов тонн условного топлива, а экономический потенциал-12,5 миллиона тонн. Потенциал солнечной энергии, поступающей в Россию в течение трех дней, превышает энергетику всего годового производства электроэнергии в нашей стране.

Россия расположена между 41 и 82 градусами северной широты, где уровень солнечной радиации колеблется: от 805 кВт*ч/м²/год в отдаленных северных регионах до 1490 кВт*ч/м²/год в южных регионах.

Потенциал солнечной энергетики наиболее велик на юго-западе (Северный Кавказ, черное и Каспийское моря), а также в Южной Сибири и на Дальнем Востоке.

Наиболее перспективные регионы для использования солнечной энергии: Калмыкия, Ставропольский край, Ростовский край, Краснодарский край, Красноярский край, Волгоградская область, Астраханская область и другие регионы на юго-западе, Алтай, Приморье, Читинская область, Бурятия и другие регионы на юго-востоке. Кроме того, некоторые регионы Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока превышают уровень солнечной радиации в южных регионах. Например, в Иркутске (52 градуса северной широты) уровень солнечной радиации достигает 1340 кВт-ч/м², в то время как в республике Якутия-Саха (62 градуса северной широты) этот показатель равен 1290 кВт-ч/м². Потенциал солнечной энергии представлена на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3- Потенциал солнечной энергетики

В России по состоянию на Ноябрь 2019 года эксплуатируются 46 солнечных электростанций. Самые мощные из них представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1- Солнечные электростанции в России

Название СЭС	Мощность, МВт	Расположение
СЭС «Перово»	1056	Республика Крым
«Самарская СЭС»	75	Самарская область
СЭС «Николаевка»	69,7	Республика Крым
«Фунтовская СЭС»	60	Астраханская область
«Ахтубинская СЭС»	60	Астраханская область
СЭС «Охотниково»	40	Республика Крым
«Орская СЭС им. А.А.Влазнева»	40	Оренбургская область
СЭС «Митяево»	31,6	Республика Крым
«Чкаловская СЭС»	30	Оренбургская область

Суммарная мощность этих электростанций составляет более 511,9 МВт. Мощность остальных солнечных электростанций составляет 323 МВт. Кроме того, в России проектируется и строится более 30 станций общей мощностью более 810 МВт, а это значит, что в ближайшее время установленная мощность СЭС в России значительно превысит 1 гигавайт.

1.4 Тенденции развития возобновляемых источников энергии в мире

Во многих странах все чаще поднимается вопрос о развитии возобновляемых источников энергии. Возобновляемые источники энергии могут значительно улучшить экологическую ситуацию за счет сокращения выбросов загрязняющих веществ, возникающих при сжигании ископаемого топлива. Кроме того, существуют возможности диверсификации источников энергии, а значит, создаются предпосылки для повышения уровня энергетической безопасности.

Отрасль развивается быстрыми темпами, и уже сейчас прогнозируется, что к 2040 году потребление возобновляемых источников энергии составит до 14% мирового энергетического баланса. На рисунке 1.4 показаны структура и тенденции производства электроэнергии в европейских странах в период 2000-2018 г. Эта иллюстрация отражает постепенный переход Европы от ископаемых источников энергии к возобновляемым. В таких странах, как Австрия, Хорватия, Дания, Германия, Латвия, Литва, Португалия, Словения, Испания и Швеция, наблюдается заметная тенденция увеличения потребления электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии. Например, в Литве после закрытия

в 2009 году Игналинской АЭС, которая производила до 70% всей энергии страны, энергетическая структура резко изменилась.

Однако, возобновляемые источники энергии нуждаются в государственной поддержке. Большинство государств, добившихся прогресса в развитии возобновляемых источников энергии, используют ту или иную форму государственной помощи. Отмечается, что наиболее активная политика в области развития возобновляемых источников энергии характерна для таких стран, как Германия, Китай и США.



Рисунок 1.4- Структура и тенденции в энергогенерации 28 европейских стран

Чёрным цветом - уголь; тёмно-серым- другие ископаемые источники энергии (мазут, газ); светло-серый- атомная энергия; зелёный- возобновляемые источники энергии.

1.5 Тенденции развития альтернативной энергетики

Согласно отчету о глобальном состоянии возобновляемых источников энергии за 2016 год, в 2014 году 19,2% мировых энергетических потребностей было удовлетворено за счет ВИЭ, а в 2016 году этот показатель составил 19,3%.

Более того, в последнее десятилетие наблюдается значительный рост производства энергии с использованием альтернативных источников энергии: например, с 2004 по 2016 год доля возобновляемых источников энергии, производимых в Европейском Союзе, возросла с 14% до 25%.

Инвестиции в возобновляемые источники энергии нестабильны, но наблюдается общая положительная динамика (рисунок 1.5). в 2017 году глобальные инвестиции в чистую энергетику составили \$333,5 млрд, что на 3% выше, чем в 2016 году, и превысили инвестиции в 2015 году, которые ранее были самыми высокими (\$330 млрд). Пятый год подряд инвестиции в возобновляемые источники энергии (включая гидроэлектростанции всех мощностей) были в два раза больше, чем инвестиции в углеводородные генерирующие мощности.

В 2015 году на инвестиции особенно повлияли ожидания изменений в государственной политике: компании стремились завершить проекты как можно быстрее до ожидаемого снижения государственной поддержки (примеры отмены и снижения тарифов на сырье включают Китай, Германию, Японию и Великобританию).



Рисунок 1.5- Инвестиции в возобновляемую энергию 2004–2017

В 2016 году Китай и Япония испытали небольшое снижение инвестиций в альтернативную энергетику. Этот факт можно объяснить тем, что после многих лет интенсивного развития крупных проектов в области возобновляемых источников энергии страны перешли к этапу "акклиматизации" и ввода в эксплуатацию новых мощностей. В следующем году инвестиции вновь значительно возросли. Китай планирует увеличить долю возобновляемых источников энергии в электроэнергетике до 15% к 2020 году, Египет - до 20%, Евросоюз - до 30% 21. В США 37% энергии в Айове уже обеспечивается ветровой и солнечной энергетикой 22. При рассмотрении динамики инвестиций в возобновляемые источники энергии по странам и регионам (рисунок 1.6) можно выделить наиболее интересные и динамично развивающиеся из них. Особое внимание уделяется Китаю, Соединенным Штатам, Японии, Соединенному Королевству и Индии.



Рисунок 1.6- Инвестиции в возобновляемую энергетику

Основные объемы инвестиций (90%) направлены на развитие солнечной и ветроэнергетики (рисунок 1.7). в 2016 году инвестиции в эти технологии были примерно равны (\$113,7 млрд и \$ 112,5 млрд в солнечной и ветровой энергетике соответственно), а с 2010 года приоритетными стали солнечные батареи. В 2000-е годы из-за высоких цен на нефть и поиска альтернативных видов топлива биомасса и биотопливо были более популярны, но в последние годы наблюдается снижение инвестиций в эти направления.

В марте 2017 года доля солнечной и ветровой энергии впервые составила 10% от конечного производства электроэнергии в США несмотря на то, что ежемесячное производство солнечной энергии является максимальным в летние месяцы. Чтобы избежать сезонного использования технологий, ориентированных на солнечную энергию, более половины солнечных электростанций оснащены технологиями слежения за солнечными лучами.



Рисунок 1.7- Мировые инвестиции в ВИЭ по видам технологии, 2004–2016

Поскольку наибольший объем инвестиций направляется на солнечную и ветровую энергетику, рассмотрим динамику затрат на производство и установку этих технологий. Капитальные затраты на солнечные технологии и ветряные турбины снизились по сравнению с 2012 годом (рисунок 1.8).

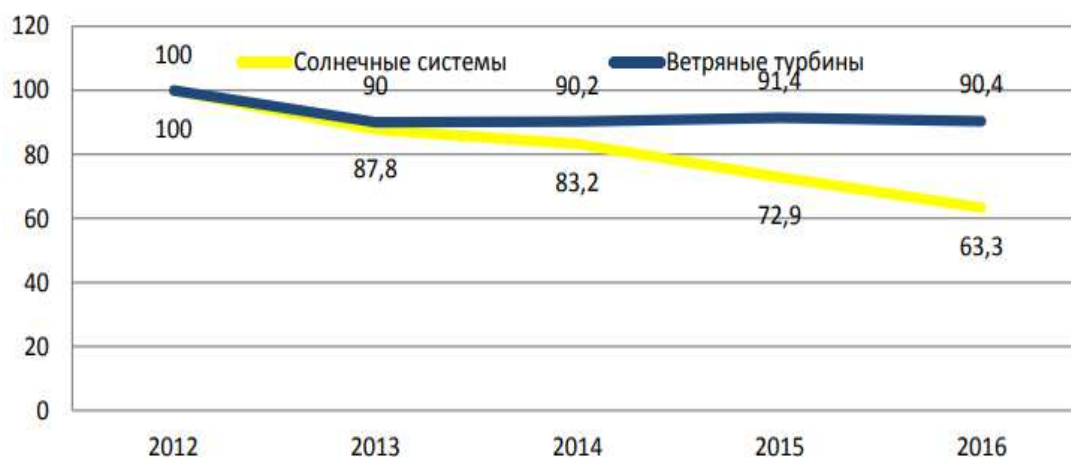


Рисунок 1.8- Себестоимость солнечных систем и ветряных турбин на 1 МВт

На графике отображена динамика стоимости этих технологий в расчете на 1 МВт, нормированная к 2012 году. Это снижение можно объяснить повышением экономической конкурентоспособности оборудования, то есть появляется возможность строить больше объектов по той же цене.

Таким образом, обобщение данных о развитии возобновляемой энергетики позволяет сделать вывод об устойчивом росте данного сегмента рынка. Возобновляемые источники энергии начинают занимать видное место в энергетическом балансе ряда стран. Далее необходимо рассмотреть, какие меры государственной поддержки были использованы для обеспечения успешного развития данного сегмента рынка.

1.5.1 Механизмы стимулирования и поддержки развития ВИЭ

Национальные директивные органы постоянно осуществляют, меняют и улучшают свою поддержку ВИЭ (RES-E) в своей стране, - и их политика во многом похожа. В некоторых европейских странах существуют различные меры налоговой системы для стимулирования инвестиций в альтернативную энергетику различных форм и масштабов, но они также призваны стимулировать инвестирование с высоким уровнем риска в энергетические объекты с длительным периодом окупаемости, который являются высокодоходными в таблице 1.2.

Налоговый вычет в Бельгии относится ко всему электричеству, которое генерируется источником возобновляемой энергии, хотя есть предположения, что он вернется к нормальному курсу.

Таблица 1.2 – Механизмы стимулирования инвестиций в ВИЭ

Страна	Формы стимулирования	Доля ВИЭ в энергетике, %	Технологии
Бельгия	Снижение налогов	14,5	Все ВИЭ
Испания	Налоговые льготы	12,0	Все ВИЭ
Ирландия	Снижение налогов	12,5	Солнечная энергетика, энергия ветра
Китай	Снижение налогов	15,0	Биомасса и геотермальная энергия
США	Сокращение кредита на инвестиционный налоговый кредит	30,0	Солнечная энергия
Южная Корея	Налоговые льготы	10,0	Все ВИЭ

2 Обоснование выбора региона для установки гибридной гелио-гидростанции

Важным этапом проектирования гелио-гидростанции является учет различных факторов, связанных с общим состоянием электроэнергетики региона, тарифами на электроэнергию и др., а также климатические и географические особенности его расположения. В результате проведенного анализа Красноярский край был выбран в качестве региона для установки гибридной гелио-гидроэлектростанции. Обоснование этого выбора представлено в данной главе.

Основным фактором, определяющим эффективность использования возобновляемых источников энергии для производства электрической энергии, является энергетический потенциал возобновляемого энергоносителя. Поэтому для оптимизации параметров солнечных и гидроэлектростанций необходимы локальные исследования, позволяющие выполнить предварительный проект привязки электростанций к местности.

2.1 Краткие сведения о Красноярском крае

Красноярский край занимает второе место по территории Российской Федерации, что составляет 2366,8 тыс. км² (или 14% территории страны). Географически расположен в пределах Восточной Сибири, в бассейне реки Енисей, протяженность от севера до горных районов Южной Сибири составляет около 3000 км.

На территории Красноярского края можно выделить сразу три климатические зоны-Арктическую, субарктическую и умеренную климатические зоны, поэтому климат региона очень неоднороден. Средняя температура января составляет -36 ° с на севере -18 ° С на юге, средняя температура-от + 13 ° С на севере и до + 20 ° С на юге. Климат северной части страны особенно суров, характеризуется суровыми зимами, которые сопровождаются сильными ветрами и высокой влажностью, а также прохладным северным летом.

Красноярский край занимает лидирующие позиции в России по запасам полезных ископаемых и полезных ископаемых. Всего здесь насчитывается более 1200 месторождений полезных ископаемых, разрабатываются нефть, газ, железные руды, уголь, цветные и редкие металлы, нерудные полезные ископаемые.

Регион также богат водными ресурсами. С севера на юг протекает река Енисей, которая является самой богатой водой рекой в стране. Речная сеть включает в себя более 150 тысяч рек. В Красноярском крае насчитывается более трехсот тысяч озер.

Этот регион можно отнести к наиболее промышленно развитым регионам России. Доля региона в российской промышленности составляет 4%, а в промышленности Восточно-Сибирского региона-40%.

Энергосистема Красноярского края является частью единой энергосистемы Сибири. По уровню энергопотребления она занимает 2-е место из 11 энергосистем, входящих в ОЭС Сибири.

2.2 Анализ потенциальных потребителей от генерирующих мощностей возобновляемых источников энергии

Потенциальными потребителями электрической энергии являются жилые комплексы, объекты коммунального хозяйства, транспортной, производственной и социальной инфраструктуры, расположенные на территории населенных пунктов. Наиболее перспективными районами для использования ВИЭ являются населенные пункты, где электроснабжение децентрализовано с использованием дизельных электростанций.

На рисунке 2.1 представлена карта Красноярского края с указанием районов, имеющих централизованное и децентрализованное электроснабжение. Электроснабжение децентрализованных потребителей выполнено с применением дизельных электростанций, имеющих высокий уровень себестоимости вырабатываемой электроэнергии, обладающих высокими экологическими рисками. Численность населения Красноярского края не имеющих централизованного энергоснабжения по состоянию на 2019 год представлено в таблице 2.1.

По результатам, приведённым в таблице 2.1, населённые пункты можно разделить на 2 группы:

1) Высокая мощность ДЭС, обусловленная наличием в населённых пунктах различных промышленных и инфраструктурных объектов и/или высокой численностью населения.

2) Низкая мощность ДЭС, используется только для электроснабжения социально-значимых объектов и населения.

В среднем стоимость электроэнергии, вырабатываемой дизельными агрегатами, составляет 20-38 рублей за 1 кВт * ч. При средней цене 25 тысяч рублей за 1 тонну ежегодные затраты, связанные с закупкой дизельного топлива и его транспортировкой, взятые в качестве двойной цены топлива, составляют 4,3 миллиарда рублей. Эти факторы существенно влияют на тарифы на электроэнергию в регионах, где в качестве основных источников энергии используются дизельные электростанции (рисунок 2.2).

Высокая стоимость электроэнергии, вырабатываемой на тепловых электростанциях, говорит о проблеме и требует детального рассмотрения вопроса энергоснабжения децентрализованных районов Красноярского края.

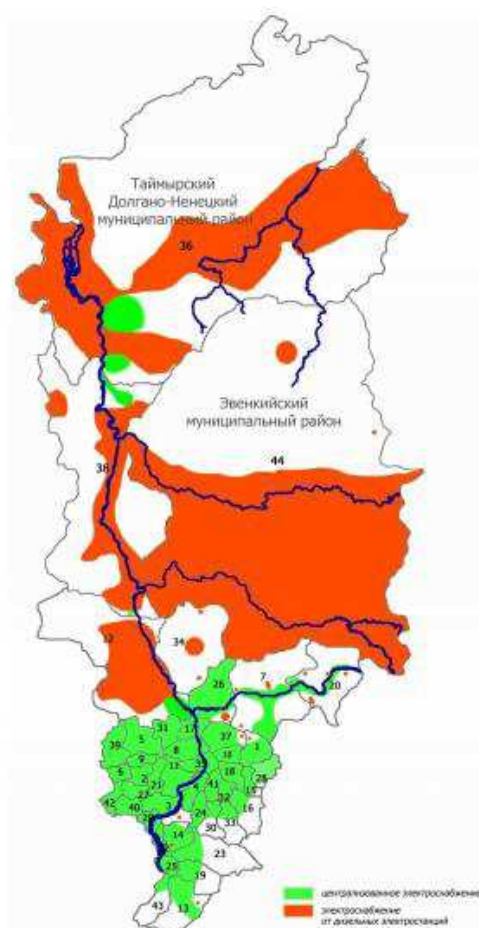


Рисунок 2.1- Карта Красноярского края с указанием районов, имеющих дефицит энергии (зелёный цвет-централизованное электроснабжение, оранжевый- электроснабжение от дизельных электростанций)

Таблица 2.1- Численность населения Красноярского края не имеющих централизованного энергоснабжения

Муниципальный район	Численность населения, чел	Мощность ДЭС, МВт	Объекты промышленные, производственные, транспортные
Эвенкийский муниципальный район	16232	24,218	Два аэропорта «Тура» и «Горный», речной порт, база геофизической и нефтегазразведочной экспедиций, лесоучасток, коопзверопромхоз.
Туруханский муниципальный район	11557	24,115	ОАО «Туруханскэнерго», аэропорт и речной порт, автотранспортное предприятие МУП «Горизонт», метеостанция, лесхоз, пожарная часть отряда
Тасеевский муниципальный район	116	0,66	

Продолжение таблицы 2.1

Муниципальный район	Численность населения, чел	Мощность ДЭС, МВт	Объекты промышленные, производственные, транспортные
Таймырский Долгано-Ненецкий муниципальный район	12493	24,076	Морской порт, аэропорт, бункеровочная база морского флота, рыбозавод, цех по переработке и копчению рыбы, угольное предприятие ОАО «Шахта «Котуй», разрабатывающее Каякское месторождение каменного угля, аэропорт федерального значения; рудопроявления цветных и чёрных материалов, апатиты, нефть, газ, соль, уголь и многое другое.
Северо-Енисейский муниципальный район	124	0,9	
Мотыгинский муниципальный район	977	2,52	
Кежемский муниципальный район	2788	2,855	
Енисейский муниципальный район	7055	10,098	Ярцевский комплексный леспромхоз, Нижне-Енисейский лесхоз. отделение авиационной охраны лесов от пожаров
Балахтинский муниципальный район	627	0,386	
Богучанский муниципальный район	364	0,46	
Абанский муниципальный район	118	0,45	
Итого	57186	92,698	

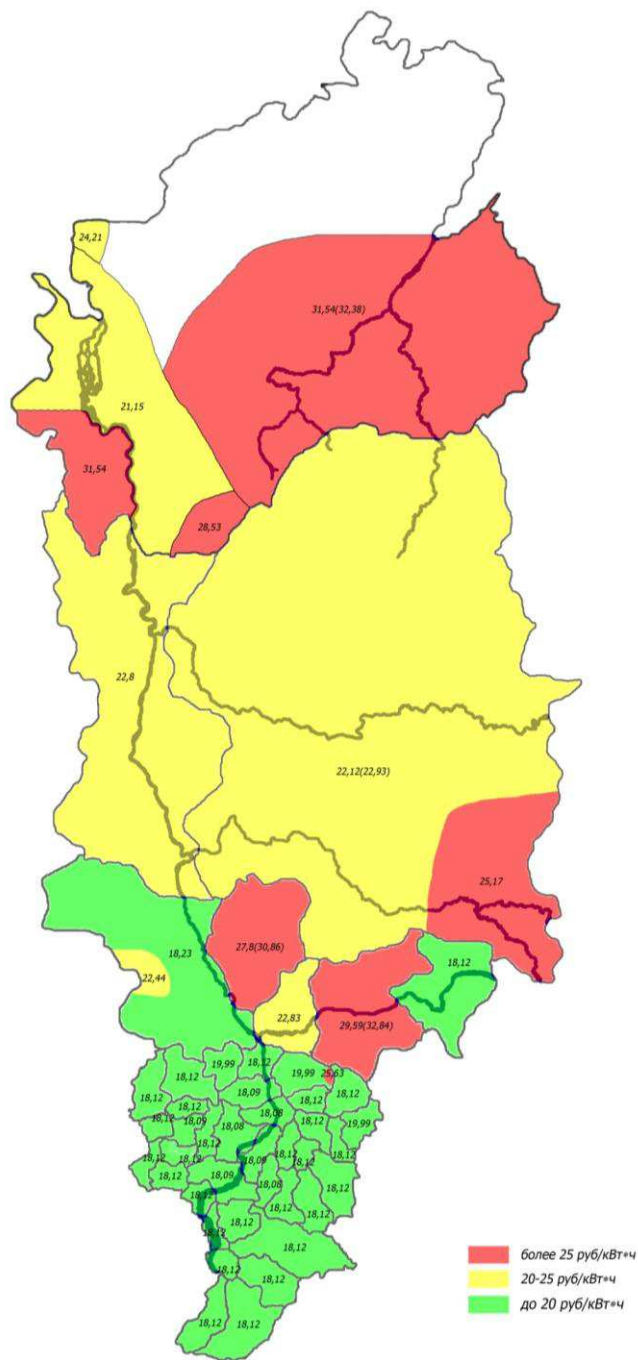


Рисунок 2.2- Тарифы на электроэнергию в Красноярском крае

2.3 Оценка ресурсов солнечной энергетики в Красноярском крае

Чтобы использовать солнечную энергию с наибольшей выгодой, для начала надо определить ресурсы этой энергии. Далее будут приведены результаты расчёта по определению ресурсов солнечной энергии для Красноярского края площадью 2 340 000 км².

Для оценки потенциала возобновляемых источников энергии нередко используют метод «снизу вверх», где изначально рассчитывается доступный потенциал энергии, а затем на него накладываются различные ограничения – технологические, экономические, климатические, географические и т.д. Применение этого метода может позволить оценить теоретически доступный (валовой) потенциал ВИЭ, технический и экономический.

- валовой потенциал солнечной радиации (S_0) определяется как количество энергии, содержащейся в энергетическом ресурсе, при условии его полного полезного использования;

- технический потенциал — это часть валового потенциала, преобразование которого в полезную энергию целесообразно при соответствующем уровне развития технических средств;

- экономический потенциал - это часть технического потенциала, которую экономически выгодно преобразовать в полезную энергию при определенных экономических условиях.

- В России большое внимание проблемам оценки потенциала ВИЭ уделяется в работах Безруких П.П. Отечественными исследователями неоднократно составлялись атласы и справочники ресурсов солнечной и ветровой энергетики или всех ресурсов ВИЭ, содержащие методологию и результаты оценки этих ресурсов [12].

Валовой потенциал солнечной энергии

На рисунке 2.3 представлена схема суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность (год) для территории Красноярского края. Анализируя данную схему, можно сделать вывод, что величина солнечной радиации может быть определена в каждой точке поверхности. В то же время в районах южной части Красноярского края солнечная радиация однородна на территории, это говорит о том, что можно с большой точностью выразить одним (средним) значением, так же величины для соседних районов близки.

В таких условиях валовой потенциал солнечной энергии не удобно представлять в энергетических единицах, так как из-за однородной солнечной радиации на больших территориях фактически будут сравниваться не валовые энергии, а площади.

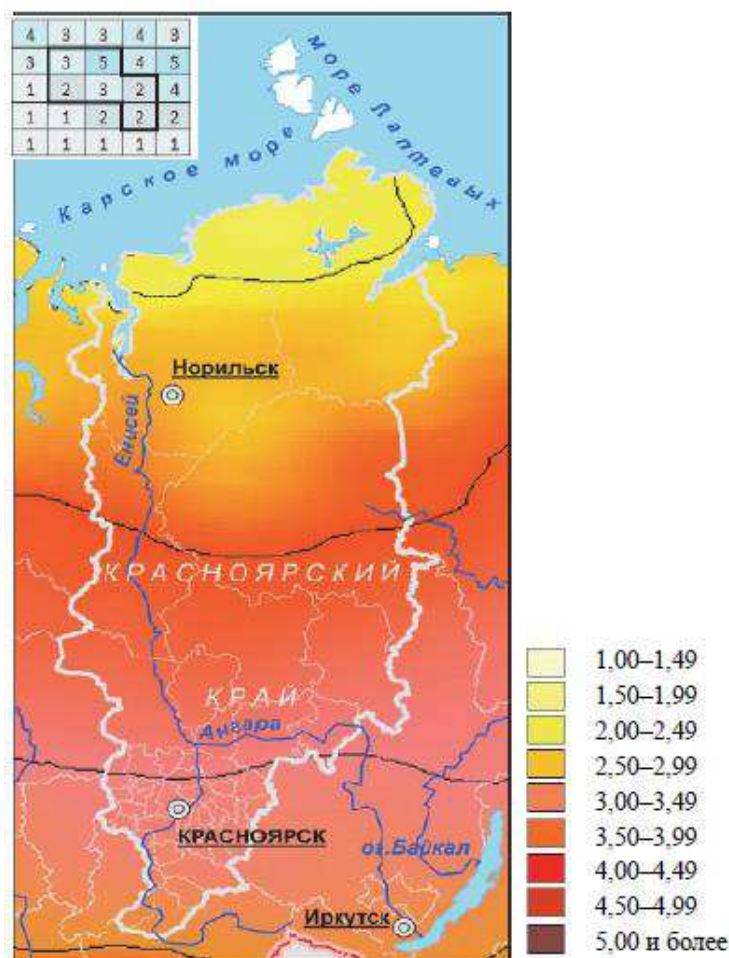


Рисунок 2.3- Схема суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность (год) для территории Красноярского края.

Цветная шкала описывает среднюю за период сумму солнечной радиации, кВт·ч/(м²·дн.).

Вверху рисунка – схема сеточного представления данных

Значение солнечной радиации, выразив в единицах [кВт·ч/кв.м за год] можно принять за показатель валового потенциала, характерными величинами показателя будут 1000..1600 кВт·ч/кв.м за год.

Такой подход уместен только для оценки больших по площадям районов, к которым относятся муниципальные районы Красноярского края. (Муниципальное образование - это "городское или сельское поселение, муниципальный район или городской округ". В Красноярском крае насчитывается 17 городских округов и 44 муниципальных района).

Одной из особенностей Красноярского края является административно-территориальное деление, а именно большой разброс площадей муниципальных районов, в следствии чего происходит так же большой разброс плотности проживающего населения на территории края. Разброс площадей районов составляет от 2,2 тыс. км² (Уярский район) до 879,9 тыс. км² (Эвенкийский район), плотность населения от 10,3 чел. на км² (Уярский район) до 0,022 чел. на км² (Эвенкийский район), таким образом в самом маленьком по площади району, велика плотность население, и, напротив, район который имеет большую площадь приходится малая плотность населения.

В данной ситуации можно провести оценку валового потенциала солнечной энергии, используя результаты исследований, которые ранее были изложены в п. 3.2.2.3 [13]. Для оценки необходимо рассчитать усреднённые площади районов значения потенциалов и представить их единым образом, удобным для сравнения. Для расчётов необходимо выбрать значения всех ячеек-квадратов, попадающих на площадь каждого из районов, и определить их средние величины. Чтобы произвести расчёт необходимо выбрать значения всех ячеек-квадратов, которые попадают на район и определить их среднее значение.

Среднемноголетний приход солнечной энергии на единицу площади в год:

$$E_{\text{год}} = \sum E_{\text{мес}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / (\text{м}^2 \cdot \text{год}) \quad (2.1)$$

Валовый потенциал солнечной энергии:

$$W_{\text{п}} = E \cdot S, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год} \quad (2.2)$$

Результаты расчётов представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2- Валовый потенциал солнечной энергии Красноярского края

Муниципальный район	Валовой потенциал СИ, кВт·ч/кв.м за год	Площадь района, тыс. кв. км	Муниципальный район	Валовой потенциал СИ, кВт·ч/кв.м за год	Площадь района, тыс. кв. км
Абанский	1107	9,512	Курагинский	1138	24,073
Ачинский	1104	2,534	Манский	1119	5,976
Балахтинский	1121	10,25	Минусинский	1155	3,185
Березовский	1117	4,244	Мотыгинский	1053	18,983
Бирилюсский	1083	11,779	Назаровский	1114	4,23
Боготольский	1105	2,924	Нижнеингашск.	1122	6,143
Богучанский	1067	53,985	Новосёловский	1126	3,881
Большемуртинский	1087	6,856	Партизанский	1125	4,959
Большеулуйский	1100	2,708	Пировский	1080	6,241
Дзержинский	1105	3,569	Рыбинский	1117	3,506
Емельяновский	1107	7,441	Саянский	1125	8,031
Енисейский	1022	106,143	Сев.-Енисейский	1011	47,242
Ермаковский	1205	17,652	Сухобузимский	1107	5,612
Идринский	1130	6,115	Таймырский	757	879,9
Иланский	1125	3,75	Тасеевский	1090	9,923
Ирбейский	1127	10,921	Туруханский	914	211,189
Казачинский	1086	5,755	Тюхтетский	1093	9,339
Канский	1111	4,321	Ужурский	1117	4,226
Каратузский	1158	10,236	Уярский	1115	2,196
Кежемский	1077	34,541	Шарыповский	1115	3,751

Продолжение таблицы 2.2

Муниципальный район	Валовой потенциал СИ, кВт·ч/кв.м за год	Площадь района, тыс. кв. км	Муниципальный район	Валовой потенциал СИ, кВт·ч/кв.м за год	Площадь района, тыс. кв. км
Козульский	1107	5,305	Шушенский	1198	10,14
Краснотуранский	1139	3,462	Эвенкийский	921	767,6

Таким образом, можно сделать вывод, что районы, расположенные в южной части области, имеют среднегодовую суммарную радиацию на горизонтальной поверхности в пределах 1100-1200 кВтч/кв.м с открытым горизонтом, атмосферной прозрачностью и средним облачным покровом обеспечивают стабильную работу солнечных систем. Это районы: Абанский, Ачинский, Балахтинский, Берёзовский, Боготольский, Большеулуйский, Держинский, Емельяновский, Ермаковский, Идринский, Иланский, Ирбейский, Канский, Каратузский, Козульский, Краснотуранский, Курагинский, Манский, Минусинский, Назаровский, Нижнеингашский, Новосёловский, Партизанский, Рыбинский, Саянский, Сухобузимский, Ужурский, Уярский, Шарыповский, Шушенский.

Наибольшим потенциалом обладают Шушенский и Ермаковский район, где валовый потенциал составляет порядка 1200 кВт·ч/кв.м за год, а также Каратузский и Минусинский районы с показателем потенциала до 1150 кВт·ч/кв.м за год. Таким образом, в этих районах эксплуатация гелиоустановок возможна в круглогодично. Но районы-лидеры по уровню получения солнечного излучения, не имеют острого дефицита электроэнергии, вблизи располагается Сано-Шушенская ГЭС, Абаканская ТЭЦ, Минусинская ТЭЦ.

Валовый потенциал за год в центральной части Красноярского края до широты 57°-58° составляет 1000-1100 кВт·ч/кв.м за год, в таком случае возможна эксплуатация малых и средних гелиосистем с апреля по август. На севере Красноярского края (Эвенкийский и Туруханский район) гелиоресурсы менее 930 кВт·ч/кв.м и эксплуатация гелиосистем неблагоприятна. Таймырский район который относится к территории крайнего севера валовый потенциал составляет около 760 кВт·ч/кв.м – данный показатель потенциала является неблагоприятным для использования гелиоэнергетики.

Таким образом, центр и южные районы Красноярского края обладают большим потенциалом для применения солнечных энергоустановок преимущественно сезонного типа, особенно в сельской местности.

Технический потенциал — это часть валового потенциала, которая при равных условиях (климатических, угла наклона и т.п.), зависит от приемной мощности и к.п.д. фотопреобразователя (к.п.д. коллектора). Если к.п.д. фотопреобразователя практически постоянная величина, то площадь определяет суммарный энергетический баланс. Таким образом, если произвести определенные упрощения, то технический потенциал пропорционален валовому, с коэффициентом пропорциональности <1. С ростом технического прогресса со

временем этот коэффициент будет медленно снижаться. Технический потенциал целесообразно выражать в удельных единицах «кВт·ч/кв.м за год».

Эффективность может быть повышена, если изменить ориентацию приемных поверхностей на юг под углом 45°..50°, тем самым повышая КПД преобразователя солнечной энергии на 15-20%. Расчеты ресурсов солнечной энергии были получены при горизонтальном расположении солнечной батареи.

Экономический потенциал можно выразить, как социальный показатель. Безусловно он измеряется в энергетических единицах - кВт·ч электрической или МДж тепловой энергии, потреблённой населением. Важным показателем экономического потенциала является цена энергии, выраженная в центах США за кВт·ч.

2.4 Оценка ресурсов гидроэнергетики в Красноярском крае

Гидроресурсы Красноярского края используются для обеспечения электроснабжения в очень малом объеме, доля использования альтернативных источников гидроэнергетики менее 0,01%.

Общее количество рек в Красноярском крае составляет 204 тыс. Наиболее крупные - Абакан, Енисей, Подкаменная и Нижняя Тунгуски, Пясины, Таймыр, Хета, Норильская, Курейка и Котуй. Основные характеристики рек Красноярского края представлены в таблице 2.3 [14].

Характеристики русла реки связаны с длиной реки, скорость течения реки зависит от рельефа местности. Енисейский регион характеризуется лесными и горно-таежными реками (более 70%) с особой особенностью-глубоким зимним маловодьем. Зимнее половодье длится с декабря по март-апрель, весеннее половодье начинается с апреля-Марта и длится до июня-июля, Ленское-осеннее половодье-с июля по октябрь. Таким образом, более 70% может быть использовано для выработки электроэнергии с апреля по октябрь.

Таблица 2.3— Основные характеристики рек Красноярского края

Показатели оценивания	Основные параметры		
	Длина свыше 1000км, ширина свыше 300м, глубина свыше 15м	Длина свыше 10км, ширина 50-300м., глубина до 8м	Длина менее 10 км, ширина 1-50 м, глубина до 3 м.
Количество рек (в % к общему числу рек региона)	1%	~7%	~92%
Весенний подъем воды (м)	5-30	2-5	1-2
Толщина льда составляет свыше 2/3 глубины русла или река перемерзает в период ледостава (в % к общему числу рек данного вида)	-	~1%	~29%

2.4.1 Анализ гидроэнергетического потенциала районов Красноярского края

Оценка гидрологических параметров проводится по методике, регламентированной официальным нормативом [15]. Определение расчётных характеристик основывается на данных гидрометеорологических наблюдений. Статистические данные размещены в открытом доступе сети интернет, а также доступны данные мониторинга режимов рек специалистами УГМС.

Для определения расчётных гидрологических характеристик возможно использование данных:

- При наличии гидрометрических наблюдений- использование этих данных;

- При недостаточности данных гидрометрических наблюдений- доведение до многолетнего периода по данным рек-аналогов с более длительными сериями наблюдений;

- При отсутствии данных гидрометрических наблюдений- использование аналогичных речных данных и карт, основанных на совокупности наблюдений всей сети гидрометрических станций и постов в данном районе.

Если нет данных по гидрометрическим наблюдениям, то выбираются аналогичные реки. при этом следует учитывать возможную территориальную близость водосборов, сходство климатических условий, условия формирования течения (сходство почв), а площадь водосбора не должна отличаться более чем в 10 раз.

К основным гидрологическим характеристикам относятся: расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$), объем стока (м^3), модуль стока воды ($\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$), слой стока воды (мм), уровень воды (м).

Гидрологическими характеристиками водосбора реки являются: водосборная площадь (км^2), длина реки (км), модуль стока воды ($\text{м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$). К гидрологическим характеристикам реки относятся: норма стока воды в реке (млн. м^3), среднегодовой расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$), уклон реки (%).

Со сменой сезонов года, с таянием снега, засухами, дождями (влияние естественных факторов), возможно изменение количества воды в реке, скорость течения.

Гидравлическую энергию реки можно определить проекцией силы тяжести на направление водного потока, которая определяется разностью уровней воды в начале и в конце рассматриваемого участка реки (N, M). Пропускная способность водотока $R (W)$ при разнице уровней $H (M)$ и среднем расходе воды $Q (\text{м}^3 / \text{с})$ на участке длиной $l (\text{м})$ может быть определена по формуле:

$$P = \rho g Q H, \quad (2.3)$$

где ρ – плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$; g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$.

Гидроэнергетический потенциал реки можно разделить на валовой (теоретический), технический и экономический.

Валовой гидроэнергетический потенциал — это общая теоретическая сумма энергии речного стока без учета потерь энергии.

Валовой гидроэлектрический потенциал реки длиной l , генерируемый за время T (час), определяется по формуле:

$$W_1 = 9,81QHT \quad (2.4)$$

Так как расход воды непостоянен, поэтому обычно используется линейное приближение изменения расхода вдоль участка:

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \quad (2.5)$$

где Q_1, Q_2 – расход в начале и конце рассматриваемого участка водотока.

Технический потенциал — это часть валового потенциала, которая может быть освоена с использованием современной техники. Учитывает КПД гидротурбины, генератора, потери энергии, связанные с движением воды по водотокам, и другие потери.

Технический энергопотенциал учитывает все потери при преобразовании энергии потока во вращательное движение ротора генератора и преобразование энергии электромагнитного поля генератора в электрическую энергию.

Коэффициент полезного действия (КПД) можно вычислить, если сложить КПД турбины равной $0,85 \div 0,92$; КПД генератора- $0,97 \div 0,99$; КПД механической трансмиссии- $0,99$, тогда общий КПД составит:

$$h_0 = h_T \cdot h_{\text{тр}} \cdot h_{\text{ген}} = 0,89 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 0,863 \quad (2.6)$$

Экономический потенциал — это часть технического потенциала после учёта всех потерь, использование которой экономически целесообразно при данном уровне цен на электрическую энергию, оборудование, транспортные услуги и материалы, оплата труда и другие расходы.

Распределение гидроресурсов ВЭИ характеризуется определёнными закономерностями, которые необходимо учесть при расчёте.

Как и в предыдущем пункте, гидроресурсы условно отнесены к территориям административных подразделений, которые фактически распределены по водным ресурсам на расстоянии не более 1 км для источников с единичной мощностью не более 50 кВт, так как использование трансформаторных устройств на этой мощности нецелесообразно. В предыдущем параграфе были выделены административные районы с высокой солнечной инсоляцией- это районы Центральной и южной части Красноярского

края, поэтому мы продолжим рассматривать районы с высоким и средним уровнями инсоляции.

В административных районах, расположенных на севере (Северонисейский, Эвенкийский, Туруханский, Таймырский) реки текут по равнинной местности, где характерны малые уклоны и скорости водных потоков. Период ледостава более 200 дней в году, глубина многих рек в зимний период составляет менее метра и реки промерзают практически до дна.

Гидроресурсы в Красноярском крае распределены крайне неравномерно – первые семь районов имеют почти 60% всего гидроэнергетического потенциала малой энергетики края, 42 района имеют технический потенциал почти 100 ГВт. Энергетические показатели водных ресурсов края представлены в таблице 2.4.

Большинство населённых пунктов располагается по берегам рек, поэтому возможен большой выбор населённых пунктов для реализации проекта гидроэлектростанции для снабжения населённых пунктов.

Выбор места расположения станции может осуществляться по следующему принципу: расчёт потенциала и выбор муниципального района для реализации проекта, выбор реки с хорошей энергетикой, выбор населённого пункта для реализации проекта.

На рисунке 2.4 представлено изображение карты Красноярского края, где наглядно указан гидроэнергетический потенциал районов Красноярского края.

Таблица 2.4 — Энергетические показатели водных ресурсов

Район	Валовая мощность, МВт	Техническая мощность, МВт	Рейтинг района
Курагинский	22659,14	19554,84	1
Назаровский	7 370,74	6 360,95	2
Большемуртинский	6 968,68	6 013,97	3
Каратузский	6 929,91	5 980,51	4
Абанский	6 709,13	5 789,98	5
Новосёловский	6 118,16	5 279,97	6
Саянский	5 443,08	4 697,38	7
Большеулуйский	4 706,81	4 061,98	8
Сухобузимский	4 696,07	4 052,71	9
Рыбинский	4 012,49	3 462,78	10
Партизанский	3 877,40	3 346,20	11
Шушенский	3 566,62	3 077,99	12
Ермаковский	2 832,56	2 444,50	13
Манский	2 714,92	2 342,98	14
Балахтинский	2 003,25	1 728,80	15
Ачинский	1 801,20	1 554,44	16
Ирбейский	1 664,28	1 436,27	17
Нижнеингашский	1 561,14	1 347,26	18

Продолжение таблицы 2.4

Район	Валовая мощность, МВт	Техническая мощность, МВт	Рейтинг района
Нижнеингашский	1 561,14	1 347,26	18
Боготольский	1 285,77	1 109,62	19
Ужурский	1 285,28	1 109,20	20
Уярский	1 072,72	925,76	21
Дзержинский	946,46	816,79	22
Идринский	659,92	569,51	23
Минусинский	516,99	446,16	24
Канский	448,73	387,25	25
Шарыповский	395,64	341,44	26
Козульский	238,86	206,14	27
Берёзовский	207,61	179,17	28
Емельяновский	163,67	141,25	29
Иланский	132,97	114,75	30
Краснотуранский	4,35	3,75	31

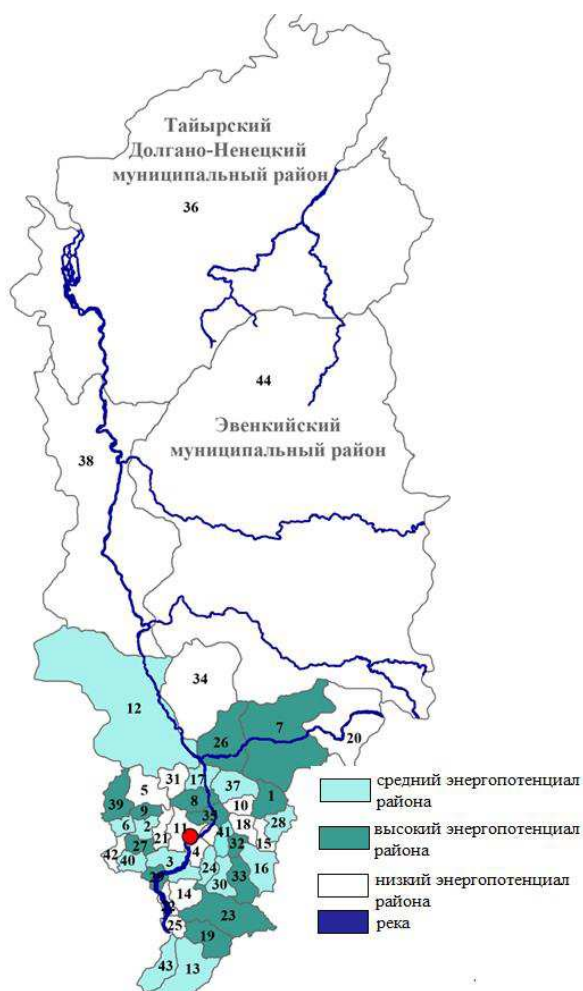


Рисунок 2.4– Гидроэнергетический потенциал малой энергетики районов края

Таким образом, к районам, которые имеют высокий энергопотенциал можно отнести: 1 – Абанский; 7 – Богучанский; 8 – Большемуртинский; 9 – Большеулуйский; 19 – Каратузский; 23 – Курагинский; 26 – Мотыгинский; 27 – Назаровский; 29 – Новосёловский; 32 – Рыбинский; 33 – Саянский; 35 – Сухобузимский; 39 – Тюхтетский.

Районы, имеющие средний энергопотенциал: 2 – Ачинский; 3 – Балахтинский; 6 – Боготольский; 12 – Енисейский; 13 – Ермаковский; 16 – Ирбейский; 17 – Казачинский; 24 – Манский; 28 – Нижнеингашский; 30 – Партизанский; 37 – Тасеевский; 40 – Ужурский; 42 – Шарыповский; 43 – Шушенский.

Таким образом, анализ гидроэнергетического потенциала Красноярского края позволяет сделать вывод о том, что территория, прилегающая к рекам Ангаро-Енисейского бассейна, а именно реки Туба, Кан, Казыр, Абан, Кизир, Тасеева и некоторые другие протекающие в центральной и южной части края обладают наибольшим гидроэнергетическим потенциалом. Большая часть населённых пунктов расположенных вблизи протекающих рек являются энергодефицитными и получают электроэнергию от дизельных электростанций.

2.5 Выбор места установки гибридной гелио-гидроэлектростанции

Наиболее экономически и технически выгодным будет проект строительства гибридной гелио-гидроэлектростанции в условиях энергодефицита (основной источник электрической энергии- ДЭС), а также где имеется высокий солнечный и гидроэнергетический потенциал.

При расчёте гелио и гидроэнергетического потенциала Красноярского края наиболее перспективными районами для строительства гибридной электростанции являются районы: Курагинский, Каратузский, Мотыгинский, Абанский, Балахтинский.

2.5.1 Обоснование выбора посёлка Огур Балахтинского района для электроснабжения

Посёлок Огур Балахтинского района расположен на юге Красноярского края на берегу реки Огур, которая впадает в Красноярское водохранилище (рисунок 2.5).

Географические координаты посёлка: 55°59'10"С.Ш. 91°52'12"В.Д.

Среднегодовой расход воды: 8,76 м³/с;

Балахтинский район является сельскохозяйственным районом, на территории района развито животноводство (овцеводство и крупнорогатый скот), посевные площади обрабатываются кормовыми и зерновыми культурами. Строительство перспективно так как по берегам реки Огур расположено свыше десятка сёл, где в основном отсутствует постоянное электроснабжение при достаточно высоком солнечном и гидропотенциале.



Рисунок 2.5 – Посёлок Огур Балахтинского района на карте

На территории посёлка располагаются жилые дома, пункты первичной переработки сельхозпродукции, объекты инфраструктуры.

При выборе населённого пункта посёлок Огур оказался наиболее перспективным по следующим причинам:

- высокий гидроэнергетический потенциал региона;
- энергодефицитный район;
- вблизи проходит дорога регионального значения, что позволит осуществлять поставку оборудования на место, а также привозить расходные материалы и обслуживающий персонал в течении всего года;
- развитая инфраструктура.

Село Огур является одним из 10 населенных пунктов, которые получают электроэнергию от ДЭС. Проведенные выше исследования показали, что село расположено в первой солнечной зоне и ее местоположение имеет значительный уровень солнечной радиации.

Электроэнергию жители получают от одного ДГ с установленной мощностью 560 кВт с 6 до 24 ч, после чего его отключают. Таким образом, на 1 человека приходится всего 0,82 кВт.

3 Выбор оборудования для гибридной гелио-гидроэлектростанции

3.1 Методические подходы и требования при проектировании солнечной электростанции

В техническом задании проекта определяется мощность и функциональный состав солнечной электростанции. Одно из главных предъявляемых требований – солнечная электростанция должна обеспечивать надёжное функционирование, а также выдерживать климатические условия.

При выборе места расположения СЭС предъявляются следующие требования:

- солнечные батареи должны располагаться на открытых территориях, место установки не должно затеняться деревьями, другими строениями и т.п.;

- солнечные батареи должны быть ориентированы на юг под углом к горизонту, угол наклона панели определяется широтой местоположения солнечной электростанции. Для села Огур Балахтинского района оптимальный угол наклона солнечных батарей летом составляет 35-50 градусов, зимой – 65-75 градусов;

- солнечные батареи необходимо устанавливать на несущей конструкции, которую необходимо закрепить на фундаменте. Солнечные батареи вместе с несущей конструкцией должны выдерживать ветровые нагрузки, характерные для данной местности;

- с целью обеспечения электробезопасности необходимо несущую конструкцию вместе с корпусами солнечных батарей заземлить через контур заземления;

- вблизи солнечной электростанции необходима установка молниезащиты.

Требования, предъявляемые к солнечным батареям:

- по климатическому исполнению и категории размещения должны соответствовать У1 по ГОСТ15150 [16];

- по степени защиты от воздействия внешних факторов IP54 по ГОСТ14254 [17];

- по значению пиковой мощности должны выбираться из ряда (применимо только для батарей российского производства) 2, 5, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 120, 150;

- величина номинального напряжения солнечных батарей должна устанавливаться в зависимости от номинального напряжения подключаемой нагрузки, которое следует выбирать из ряда 3,0; 4,5; 6,0; 9,0; 12; 24; 27; 48 В. по ГОСТ 18275 [18].

Требования к аккумуляторам:

Ёмкость аккумулятора определяется суммарной мощностью батарей, уровнем солнечной инсоляции в месте расположения СЭС, сезонным и суточным графиком потребления электрической энергии, а также экономическими факторами. Использование герметичных (необслуживаемые) аккумуляторов (со сроком службы не менее 10 лет) позволит снизить

эксплуатационные расходы. Установка аккумуляторов в закрытом отапливаемом помещении позволит длительно сохранять свои параметры, если эксплуатация аккумуляторов при температуре ниже 0°C .

Требования к контроллеру:

Контроллер отвечает за максимально эффективное функционирование системы. Предназначен для управления зарядом-разрядом аккумуляторных батарей, не допускающий его перезаряда и глубокого разряда.

Требования к инвертору:

Для преобразования постоянного напряжения аккумулятора в переменное 220 В., 50 Гц служит инвертор. Мощность инвертора должна быть в 1,2-1,5 раз больше мощности нагрузки. Это необходимо для обеспечения режима пуска электрических машин (двигателей).

Инвертор и контроллер необходимо защитить от атмосферных осадков, поэтому целесообразно их размещение в том же помещении, что и аккумулятор.

3.2 Выбор фотоэлектрической установки

Развитие солнечной энергетики в мире идет в двух направлениях: преобразование солнечной энергии в тепловую с помощью тепловых коллекторов и прямое преобразование в электрическую с помощью фотоэлектрических преобразователей. Сравнительный анализ показал, что на территории Красноярского края наиболее перспективными являются солнечные батареи, изготовленные на основе поли и монокристаллического кремния, как наиболее надежные и долговечные. Тепловые коллекторы, используемые для горячего водоснабжения при низких температурах (ниже -15°C), неэффективны на территории Красноярского края в зимний период.

В связи со сложной политической ситуацией, складывающейся в последнее время, ограничениями на ввоз оборудования, регулярно вводимые санкции по отношению к России, а также в связи с выявлением в 2019 г. нового вируса «COVID-19- КОРОНОВИРУС», который получил статус пандемии, могут возникнуть определённые трудности в поставке и монтаже оборудования, было принято решение отдать предпочтение Российским компаниям, производящим солнечные элементы. Кроме того, у отечественных производителей близкое производство, есть необходимые сертификаты качества, выбор фотомодулей не уступает заграничным.

Главными критериями выбора производителя солнечных панелей является надёжность (подтверждённая долгой гарантией завода-изготовителя) и стоимость панелей. Кроме того, показатель КПД, возможность эксплуатации солнечных панелей при низкой температуре, а также минимальная потеря мощности при старении фотоэлементов, являются важными факторами, определяющими выбор.

Рассмотрим несколько передовых компаний в России по производству оборудования для СЭС:

1) «**Инком-Групп**» - стабильно развивается как независимая компания. Основной вид деятельности компании: занимается поставкой оборудования для различных целей; обеспечением заказчиков кремниевым сырьем для дальнейшей переработки в оборудование СЭС.

«Инком групп» активно разрабатывает и выпускает серию солнечных электростанций, предназначенных для различных областей применения. Компания специализируется на разработке станций, в которых используется энергия природных ресурсов солнца и ветра, которые являются полностью энергозависимыми и экологически чистыми источниками электроэнергии, кроме того, для своей работы они не требуют ГСМ (горюче-смазочные материалы), а также предъявляется минимум затрат на обслуживание (осмотр раз в год).

Модели предназначены для питания различных нагрузок в качестве как постоянного, так и резервно - аварийного источника постоянного тока 12, 24, 48, 96 В, или переменного ~ 220 В, 50 Гц (в зависимости от модели).

Назначение:

- питание систем телекоммуникации и связи, пожарно-охранных систем, систем контроля и допуска, видеонаблюдения.

- системы катодной защиты от коррозии металлических конструкций SCADA трубопроводов, мостов, опор ЛЭП, мачт и т.д.

- обеспечение автономной энергонезависимой работы светоуказательных огней ЛЭП, мостов, зданий и навигационных огней, маркеров.

- станции обеспечивают так же энергонезависимое питание как наружного, так и внутреннего освещения с использованием долговечных с большой светоотдачей, экономичных осветительных приборов созданных на основе сверхярких светодиодов.

- обеспечение работы электроинструмента, малых насосов и другого оборудования.

- станции предназначены для работы как вдали от централизованных сетей электроснабжения, так и при их наличии, если имеется необходимость обеспечения энергонезависимой работы оборудования или минимизации расходов на его содержание и обслуживание.

Представленное оборудование позволяет так же во многих случаях значительно сократить расходы на прокладку кабелей и других коммуникаций чтобы обеспечить того или иного потребителя (нагрузку) электропитанием.

При работе в качестве резервно - аварийного источника станции опционально комплектуются АВР (автоматом включения резерва) с возможностью как ручного, так и автоматического переключения питания нагрузки от автономной системы или другого источника (централизованная сеть, ДГУ и т.д.).

Все модели оборудуются дополнительным входом для подключения других источников электроэнергии или дополнительным автоматическим зарядным устройством от сети или ДГУ (опция).

По желанию заказчика возможна комплектация системой дистанционного мониторинга и управления по кабелю (RS232) или через радиомодем.

В стандартной комплектации данная серия является солнечной энергосистемой, но имеется возможность подключения и ветрогенератора (опция) для получения уже универсальной ветро - солнечной системы.

Срок службы станций не менее 25 лет.

Линейка выпускаемых мощностей от 500 Вт до 2,5кВт с выходом 12, 24, 48, 96 В и 220 В (опция).

2) **«Ра-энерго»** - предлагает необходимый и достаточный ассортимент оборудования и услуг для обеспечения энергозащищенности и компоненты инверторных (накопительных) систем резервного электроснабжения:

- компоненты систем автономного электроснабжения на основе солнечных батарей - фотоэлектрические модули, инверторы, аккумуляторы, контроллеры заряда, и т.п.;

- готовые (базовые) системы резервного энергосбережения "под ключ" номинальной мощностью от 0,3 до 8 кВт с длительным временем автономии, с наращиванием до 24 кВт;

- услуги доставки, монтажа, наладки систем.

Системы резервного и автономного энергоснабжения монтируются на базе отечественных солнечных фотоэлектрических модулей и инверторов таких производителей как Xantrex, TBS, Novergy, Finex мощностью от 0,3 кВт до 8 кВт (с наращиванием до 18 кВт).

Автономная система в своей основе содержит альтернативный источник энергии (жидкотопливный генератор, солнечные панели), контроллер, инвертор (в зависимости от мощности - Xantrex, TBS, Novergy, Finex и комплект аккумуляторов глубокого цикла зарядки. Достоинства предлагаемых систем:

- простота и надежность;

- фотопанели генерируют достаточный для заряда ток даже при рассеянном солнечном излучении;

- имеет малую потребляемую мощность - не более 16 Вт (1 Вт в режиме ожидания)

- бесшумность;

- эффективность (КПД - до 96%);

- малые габариты;

3) **Группа компаний «Хевел»** - основана в 2009 году и является единственным в России вертикально интегрированным производителем солнечных модулей. Деятельность компании сосредоточена на высокотехнологичном производстве высокоэффективных солнечных модулей по одной из самых современных технологий в мире, строительстве "под ключ". Собственное высокотехнологичное производство полного цикла на территории России позволяет занимать устойчивые позиции как на российском, так и международном рынках. Занимается поставками электротехнического оборудования, солнечных батарей, контроллеров заряда,

инверторов и солнечных электростанций, предназначенных для автономного электроснабжения индивидуальных потребителей. Поставляемые фирмой станции полностью укомплектованы и готовы к установке. Все системы станции сопряжены между собой. Срок службы панелей 25 лет, аккумуляторных батарей 20 – 12 лет. КПД данных панелей варьируется от 13 до 18,1% .

В итоге предпочтение решено было отдать компании «Хевел». Фотоэлементы этой компании в наибольшем объеме удовлетворяют критериям, описанным выше. В качестве солнечного элемента выбираем фотоэлектрический модуль **HVL-370/НJT**, характеристики которого представлены в таблице 3.1.

Данный модуль имеет ряд преимуществ:

- Стекло модуля содержит низкое содержание оксида железа, что обеспечивает высокую прозрачность и высокую эффективность работы модуля;

- Поверхность стекла текстурирована, что обеспечивает повышенную выработку энергии за счет более эффективного сбора диффузного и прямого излучения;

- Стекло модуля закалено, что позволяет повысить прочность модуля от повреждений, вызванных ветром, льдом, снегом и градом;

- Для надежной защиты модуля от климатических условий используется технология низкой паропроницаемости задней крышки. Высокая теплопроводность покрытия позволяет увеличить выработку энергии за счет лучшего охлаждения модуля;

- Все кабели и разъемы сертифицированы, что позволяет легко собирать и устанавливать модули, тем самым снижая затраты на монтаж, а также повышая безопасность при эксплуатации;

- В данном модуле применяется особая конструкция соединительной коробки с вмонтированным в крышку диодом, что позволит легко заменить диод без демонтажа модуля при выходе его из строя;

- Срок службы 25 лет;

- Каждый модуль имеет паспорт с отметками контроля качества;

- менеджмент качества производства сертифицирован.

У данной компании есть опыт в адаптации СЭС, а самое главное в эксплуатации СЭС на территории с суровыми климатическими условиями.

Таблица 3.1 - Технические характеристики фотоэлемента HVL-370/НJT

Технические характеристики при стандартных условия испытания:	Значение
Допустимое отклонение номинальной мощности (ΔP_{max})	1.35 %
Ток в рабочей точке P_{max} (I_{mpp})	8.96 А
Ток короткого замыкания (I_{sc})	8.96 А
Напряжение холостого хода (V_{oc})	52.67 В
Технология модуля	Гетероструктурная
Напряжение в рабочей точке P_{max} $1 \times (V_{mpp})$	44.55 В

Продолжение таблицы 3.1.

Технические характеристики при стандартных условия испытания:	Значение
Эксплуатационные характеристики:	
Рабочая температура	от -40 до +85 °С
Номинальная рабочая температура	38.8 °С
Макс. статическая нагрузка лицевая	5400 Па
Макс. статическая нагрузка задняя	2400 Па
Класс огнестойкости	С
Гарантийные обязательства:	
Гарантия на модуль (материалы и сборка)	15
Линейная гарантия производительности	30

3.3 Выбор аккумуляторной батареи

Для сохранения электроэнергии, вырабатываемой первичным источником энергии, а также для обеспечения стабильности выходного напряжения при различных условиях эксплуатации используются различные типы аккумуляторов.

Ёмкость — это основной параметр аккумулятора. В зависимости от того, как он будет использоваться в системе резервного или автономного питания, будут зависеть его параметры, так как для второго следует применять аккумулятор большей ёмкости. Так как в такой системе процесс заряда/разряда будет происходить чаще, а это значительно уменьшит ресурс АБ. Для того чтобы не допускать частого полного разряда выберем аккумулятор с запасом ёмкости. Помимо этого, к важным параметрам, влияющим на продолжительность эксплуатации батареи, относятся: особенность конструкции батареи, температура окружающей среды, количество циклов заряда-разряда.

Основные характеристики аккумуляторных батарей: напряжение, вольт; срок службы, лет; диапазон рабочих температур, °С; ёмкость, ампер/час; ток заряда, А; саморазряд, %; вес, кг; габариты, мм.

Рассмотрим некоторые типы аккумуляторных батарей:

Панцирные аккумуляторы — это широкий класс высококачественных кислотных аккумуляторов, построенные на решетчатой структуре пластин с рубчатymi электродами. Конструктивно панцирные АБ имеют трубчатые положительные плиты, каждый компонент заключен в полимерный кислотопроницаемый стержень, изготавливается из сплава химически чистого свинца (чистота металла не менее 99,9%) и 2% сурьмы. Такая технология позволяет повысить срок службы промышленных АКБ. Кислотные мало обслуживаемые АКБ выдерживают порядка 1500 циклов разрядов на 80%, а герметизированные гелевые АКБ 900-1000 циклов разрядов.

Стартерные- имеют самый короткий срок службы батареи. Изготавливаются они по самой простой технологии- штампованные тонкие свинцово-решетчатые пластины, поэтому к ним предъявляются небольшие

требования. Данные аккумуляторы могут быть обслуживаемые (с проверкой уровня электролита, примерно раз в год)- это около 100 циклов разрядов на 80% и герметизированные необслуживаемые (при перезаряде большим током и напряжением, вода испаряется, долить её нельзя и батарея выходит из строя)- примерно 200 циклов.

AGM- герметизированные кислотные аккумуляторы, в которых стекломатами адсорбирован электролит. Данный вид АКБ чувствителен к перезарядам, технология пластин обычная, выдерживает примерно 260-400 циклов разрядов до 80%.

Гелевые- кислотный герметизированный аккумулятор с загущенным электролитом с помощью силикагеля. Выдерживает до 450 циклов разрядов до 80%. Технология производства пластин обычная, более чувствителен к перезарядам, чем другие виды АКБ.

Стационарные- данный тип применяется на промышленных объектах, где необходима высокая надежность и долговечность. Чтобы получить нужное напряжение она собирается из батарей по 2 В. Ёмкости одиночных аккумуляторов бывают от 200 до 1200 Ач, на всех используется панцирная технология. Могут быть как герметизированные гелевые (OPzV), так и малообслуживаемые (OPzS). У данного типа АКБ самая высокая надёжность и высокий срок службы.

Солнечные- данные батареи применяются, как маркетинговый ход, во многих случаях это тяговые или стационарные АКБ с другой маркировкой. Батареи выпускаются на 2/6/12 В, обычно изготавливаются по панцирной технологии.

Тяговые- применяется для использования в электротехнике. Батарея составляется из батарей на 2 В с ёмкостью 200-1200 Ач. Изготавливаются по панцирной технологии. Бывают- гелевые герметизированные PzV и малообслуживаемые PzS.

Наиболее оптимальными в условиях автономного электроснабжения будут стационарные малообслуживаемые АКБ типа **OPzS** от АККУ-ФЕРТРИБ. Этот тип имеет значительное превосходство по отношению к другим типам АКБ в плане надёжности и длительности использования. Кроме того, в выборе повлияли следующие особенности:

1. Длительный срок службы в резервном режиме- более 20 лет, в автономном -13 лет;
2. Высокая ёмкость;
3. Низкий уровень саморазряда;
4. Устойчивость к глубокому саморазряду, быстрое восстановление;
5. Прозрачный корпус позволяет легко определять уровень электролита;
6. Особое строение корпуса позволяет использовать при высоких температурах.

Поставка батарей типа OPzS осуществляется сухозаряженными, при этом батареи должны быть залиты электролитом, перед использованием их

необходимо дополнительно подзарядить. Пластины сформированы и защищены против окисления, что позволяет сохранять свои свойства до двух лет.

На рисунке 3.1 представлена динамика саморазряда батареи OPzS, на рисунке 3.2 представлена ёмкость в зависимости от температуры, на рисунке 3.3 представлена характеристика срока службы в циклах в зависимости от глубины разряда.

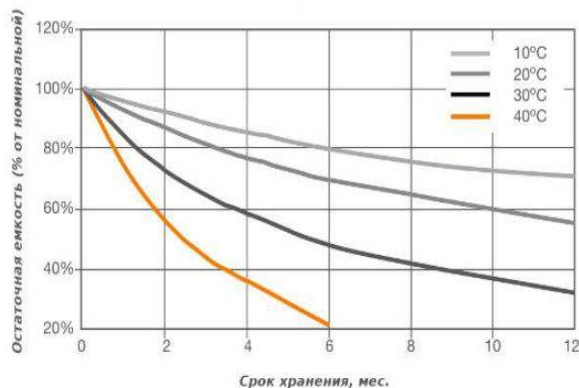


Рисунок 3.1- Динамика саморазряда

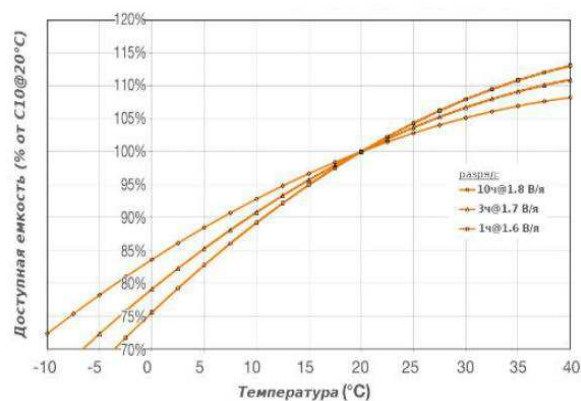


Рисунок 3.2- Ёмкость в зависимости от температуры

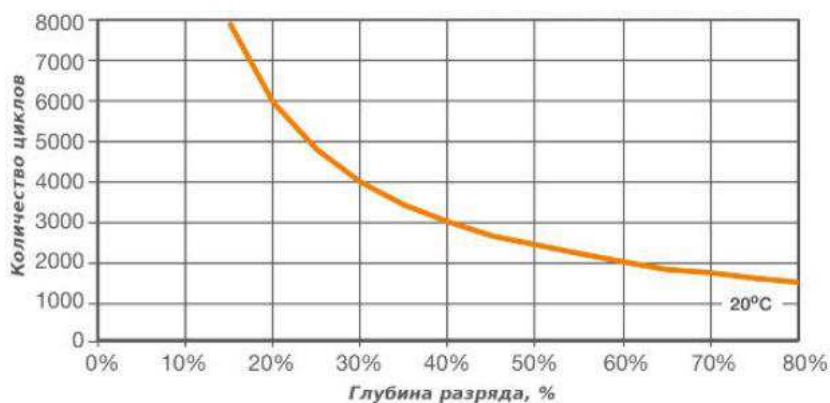


Рисунок 3.3- Срок службы в циклах в зависимости от глубины разряда

3.4 Выбор инвертора

Инвертор необходим для преобразования постоянного напряжения от солнечных батарей и аккумуляторов в переменное напряжение 220-380 В.

У компании «связь инжиниринг» есть широкий ассортимент инверторов, начиная от бытовых до промышленных. И есть предложение для альтернативной энергетики. Альтернативные энергетические решения предназначены для построения модульных автономных систем электроснабжения с высокой надежностью и электромагнитной совместимостью с радиоэлектронным оборудованием и сетью электроснабжения от возобновляемых источников энергии.



Рисунок 3.4 – Внешний вид инвертора

Выбранное устройство осуществляет функции: переключение между источниками энергии и поддержка внешнего источника переменного тока, выполняет функции инвертора, зарядного устройства. Данные функции работают полностью автоматически, могут комбинироваться между собой. Основные характеристики инвертора представлены на рисунке 3.5. Остальные характеристики в приложении А. На рисунке 3.4 представлен внешний вид инвертора.

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРА
ВХОД	
Вид тока	Постоянный
Номинальное значение напряжения, В	500
Диапазон изменения напряжения на выходе ИВЭ, В	360 - 600
Диапазон изменения напряжения на клеммах АКБ, В	300 - 320
ВЫХОД	
Вид тока	Трехфазный переменный с нейтралью
Номинальное значение напряжения, В	380/220
Отклонение напряжения от номинального значения	± 10 %
Номинальная частота тока, Гц	50
Отклонение частоты тока от номинального значения, Гц	± 1
Коэффициент мощности нагрузки	не менее 0,83

Рисунок 3.5 – Характеристики инвертора

3.5 Выбор контроллера

Важным элементом в системе, где есть аккумуляторные батареи, является средство контроля заряда и разряда аккумуляторов — это контроллер. В систему автономного электроснабжения вводится устройство, которое отключает нагрузку от АКБ если их заряд снижается до предела, а также отключает источник энергии – фотоэлектрическую батарею, если аккумулятор заряжен. Контроллеры заряда могут быть встроены, как в инвертор, так и в блок бесперебойного питания.

Предлагается использование контроллера «OutBack FlexMAX - 80 MPPT».

Особенность данного регулятора является технология поиска оптимальной точки заряда, что позволяет значительно уменьшить потери и повысить эффективность (до 30%). Характеристики такого регулятора представлены в приложении Б.

3.6 Выбор гидроэнергетической установки

МГЭС не всегда имеют возможность обеспечить гарантированную выработку электроэнергии, так как часто имеют сезонный характер работы. Зимой производительность падает: снежный покров, ледовые явления (осадки и гололед), а также летнее маловодье и пересыхание рек могут вообще приостановить работу. Такой режим работы ГЭС требует наличия дублирующих источников энергии. В связи с этим малые гидроэлектростанции в основном имеют местное значение.

Очень важно в таких условиях правильно выбрать рациональное расположение проектируемой электростанции, ее тип, определить количество энергии, которое можно получить при использовании данного водотока и ее достаточность для удовлетворения потребностей потребителя, напор и высоту падения, количество воды, доступной для выработки электроэнергии. Это позволит определить объем капитальных вложений в проект и стоимость вырабатываемой электроэнергии.

В ГОСТ 51238-98 [19] принято, что ГЭС с установленной мощностью от 100 до 30000 кВт – это малая гидроэлектростанция (МГЭС), следовательно ГЭС с мощностью до 100 кВт- это микроГЭС (Мк ГЭС).

Для строительства плотин, деривационных гидроэлектростанций требуется большой объем земляных работ, чтобы построить плотину, изменить русло реки или создать деривационный канал, что сказывается на стоимости работ. Для выбранной территории плотинная компоновка является слишком дорогой.

С выбором компании для разработки и поставки МГЭС появились трудности. Проведенный анализ мировых производителей в сфере микрогидроэнергетики выявил, что на данный момент данная отрасль развита очень слабо и представлена только несколькими компаниями, которые занимаются крупномасштабной разработкой и поставкой оборудования, его установкой и подключением.

В результате долгих поисков была найдена Австрийская компания «**NatelEnergy**» с разработкой HydroEngine. HydroEngine сочетает в себе простоту, низкую стоимость, и отсутствие кавитации активных турбин, таких как турбина Банки-Митчелла или ковшовая турбина Пелтона. Поставка осуществляется в компактном контейнере, осуществляется простая установка, данная турбина сопоставима по размерам и выходной мощности с более дорогой турбиной типа Каплана.

Данная турбина отлично подходит для применения в малой гидроэнергетике, так как имеет уникальную механическую конфигурацию,

данная установка может работать при относительно больших расходах и низких напорах, сохраняя при этом высокую скорость вала и высокое значение КПД. HydroEngine использует уникальную двухступенчатую схему осевого потока, оптимизированную для низкого напора и большого потока. Вода, после прохождения через впускной фильтр, через трубу или водовод подаётся на направляющие лопатки или формирующие поток сопла. Поток поступает в гидротурбину и направляется через короб, в котором установлены два вала с ремнями, поток проходит между лопастями, закрепленными на ремнях. После передачи энергии движущимся лопастям на первой стороне турбины, вода протекает через каскад направляющих лопаток, закрепленных между движущейся лентой и полосами лопастей и, наконец, передает энергию второму каскаду движущихся лопастей. Угол и / или скорость потока регулируются автоматически, что позволяет напрямую контролировать расход и мощность, сохраняя при этом высокую эффективность в широком диапазоне расходов. Модульный формат турбин делает техническое обслуживание простым, недорогим и быстрым. Турбина представлена на рисунке 3.6.

Варианты установки гидрогенераторной установки различаются по компоновке, аналогичной обычным турбинам Банки-Митчелла и Пелтона, но с большей гибкостью при проектировании, строительных работ и с возможностью сокращения строительных работ.

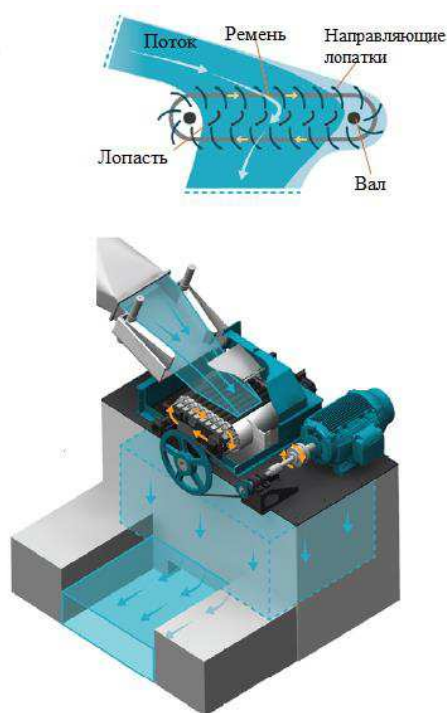


Рисунок 3.6- Установка HydroEngine

Данная гидротурбина позволяет снизить стоимость строительных работ, поскольку он не подвержен риску кавитации. В большинстве случаев данная гидротурбина может быть расположена над нижним бассейном, что снижает необходимость в земляных работах. Кроме того, гидродвигатель может быть размещен в небольшом здании, где всё управляющее и электрическое

оборудование находится на более высоком этаже, что еще больше сокращает расходы на строительные работы (Рисунок 3.7).

Проект HydroEngine может быть реализован в любом виде низконапорных гидроэлектростанций, в том числе: в канале (Run of river), в русле реки (Over canal), в плотине и непосредственно в трубопроводе (In dam or weir).

Там, где это возможно, предпочтительна установка в канале (Run of river), поскольку она обеспечивает более высокую защиту от попадания мусора, обеспечивает прямое техническое обслуживание и оказывает меньшее влияние на основной водный канал во время строительства.

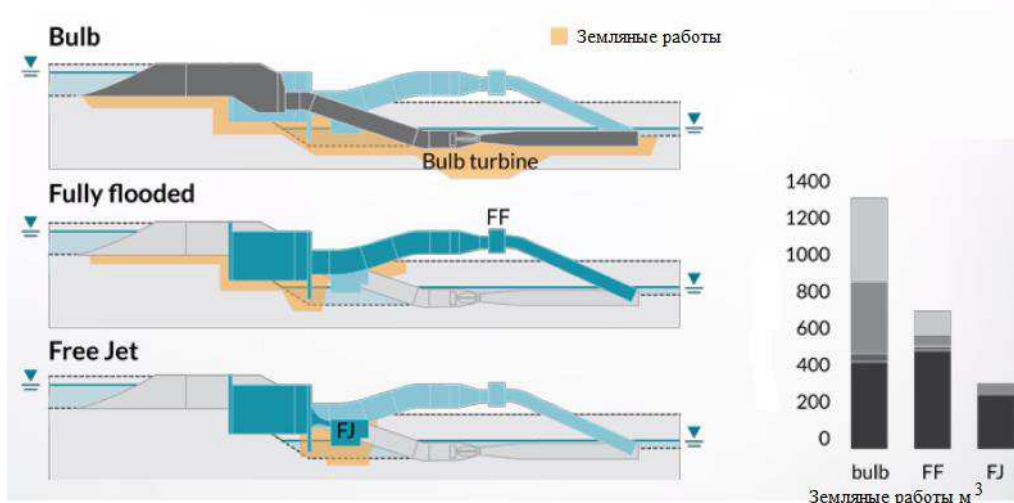


Рисунок 3.7- Схемы установки

Для любого исполнения, за исключением установки в водоводе, очень важно правильно спроектировать мусороотвод, чтобы отвести мусор, минимизируя при этом техническое обслуживание и потери напора. Размещение мусороотвода под углом к основному потоку, как показано на рисунке 3.8, может позволить большинству плавающих обломков обходить водозабор. Мусороотвод может быть дополнительно защищён бонами вверх по течению.

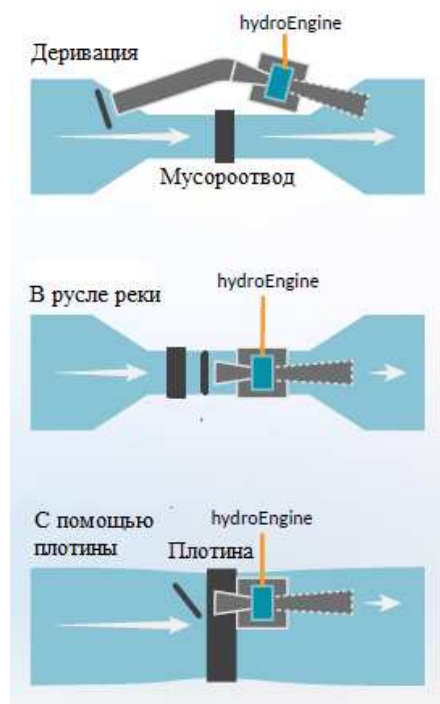


Рисунок 3.8- Размещение мусороотвода

Гидроагрегат поставляется в двух вариантах, определяемых по ориентации трансмиссии. Это Fully Flooded (активная гидротурбина - FF), лопасти движутся вертикально, и реактивная турбина в свободном потоке Free Jet (FJ) лопасти движутся горизонтально. Представлены на рисунке 3.9

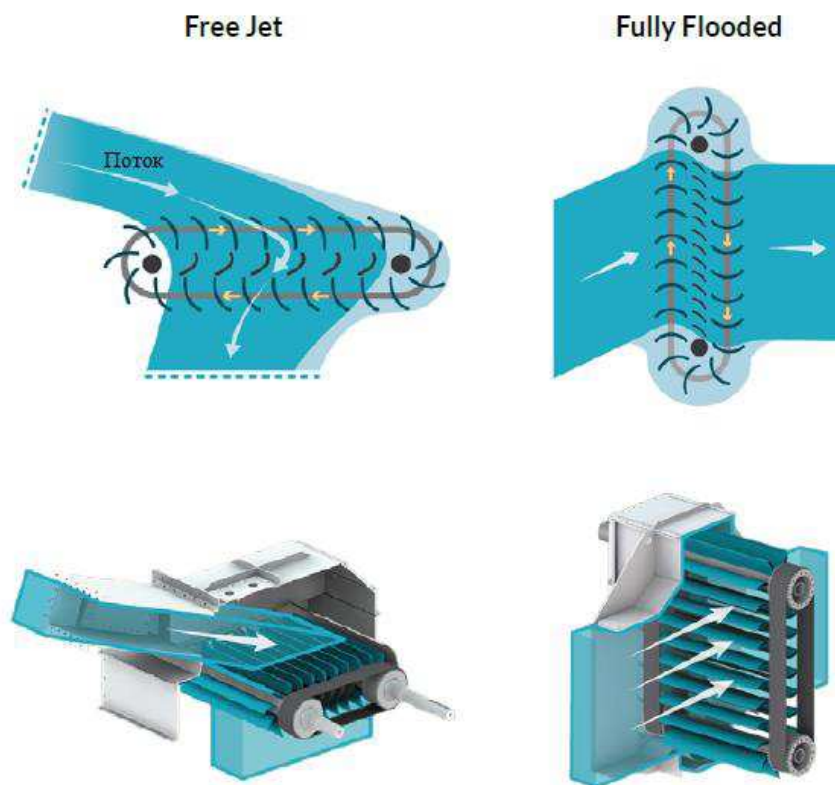


Рисунок 3.9- Турбины

4 Расчёт гибридной гелио-гидроэлектростанции в программном комплексе

В настоящее время существует множество автоматизированных компьютерных программ, предназначенных для расчета различных параметров энергосистем на основе ВЭИ. Некоторые программы имеют функцию 3D-проектирования, которая позволяет выбрать расположение установок на земле. Некоторые из этих программ не требуют установки, но работают в режиме on-line, что значительно помогает сократить время проектирования и не требует дорогостоящего аппаратного обеспечения ПК для установки программного обеспечения и не занимает места на жестком диске. Все расчеты производятся на удаленных серверах, что никак не влияет на требуемую производительность и характеристики используемого ПК.

Каждая программа имеет свои отличительные особенности, например, одни помогают правильно расположить установки на участке или объекте, другие показывают выработку электроэнергии, а третьи подсчитывают прибыль от выработки электроэнергии в сеть и срок окупаемости. В крупномасштабных проектах часто используются сразу несколько типов программ.

Далее рассмотрим наиболее функциональные программы, которые находятся в свободном доступе:

1. **RETScreen** – программа для анализа проектов с использованием возобновляемых источников энергии. Этот пакет включает базы данных продуктов, проектов, гидрологических и климатических характеристик, данные для сравнительной оценки и подробное руководство пользователя. Переведен на 35 языков, в том числе и на русский. Программа RETScreen позволяет моделировать и анализировать любой проект с использованием ВИЭ. Специалисты, ответственные за принятие решений, могут выполнить пятиэтажный стандартный анализ, включая переработку энергии, расчет затрат, выбросы и финансирование. У этой программы есть существенный недостаток: она не имеет возможности моделировать и рассчитывать комплекс различных рискованных ситуаций. Невозможно объединить различные источники энергии в рамках одной и той же системы.

2. **«HOMER»** - данная программа разработана американской NASA, предназначена для расчета энергосистем малой мощности и сравнения различных способов выработки энергии. Программный комплекс позволяет рассчитать как автономную, так и подключенную энергосистему. Программа позволяет моделировать физическое поведение энергосистемы и ее стоимость за период эксплуатации (стоимость монтажа и стоимость дальнейшей эксплуатации). Преимуществом «HOMER» является возможность сравнения множества различных конструкций энергосистемы, определения технико-экономических преимуществ, позволяющая определить риски, связанные с изменчивостью погодных условий. Программа имеет возможность моделировать изменения погоды: она учитывает вероятность штиля или штормового ветра, снижение уровня инсоляции из-за облачности и т.д.

Программа состоит из трех основных модулей: моделирование, оптимизация и анализ чувствительности. Результаты могут быть получены в виде графиков и таблиц, что позволяет сравнивать различные конфигурации и определять технико-экономические преимущества различных систем. Как уже было написано ранее, «HOMER» не является "статической" программой, программа имеет более детальный программный пакет, чем "RETScreen", который не использует модуль времени в процессе моделирования.

3. Программа «Skelion» - имеет дополнительные плагины «Skelion» и «Chronolux», которые позволяют добавлять солнечные батареи в архитектурные проекты. Плагин "Chronolux" предназначен для расчета продолжительности инсоляции и геометрического коэффициента естественного освещения. Кроме того, можно подключить программу "PVWatts" для расчета прихода солнечной радиации, можно создать глобальный проект по развитию солнечной системы. Преимуществом данного комплекса является то, что одна программная среда содержит несколько областей: расчет падающей солнечной радиации, оптимальный угол наклона солнечных элементов, правильное размещение солнечных панелей на выбранной поверхности во избежание затенения и графическое представление результатов. Недостатком является то, что программный комплекс не решает технических вопросов, т. е. не рассчитывает необходимую мощность оборудования и системы, не работает с другими источниками энергии, кроме солнечных панелей, не решает экономические вопросы (капитальные затраты, срок окупаемости, затраты на техническое обслуживание и ремонт).

Из всех рассмотренных программ «HOMER» является самым гибким с точки зрения универсальности и разнообразия систем, которые он может спроектировать. Далее расчёт проекта будем выполнять в программном комплексе «HOMER».

4.1 Расчёт в программе «HOMER». Задание исходных данных для расчёта

Первый шаг-установить нагрузку на каждый час в течение всего календарного года. Установить нагрузку можно двумя способами: с помощью встроенных в программу систем моделирования или импортировав ее из файла временных рядов. В данном проекте мы будем использовать второй метод, используя типичный график загрузки из интернета для сельского потребителя с соответствующим населением в селе Огур. Результаты представлены на рисунке 4.1.

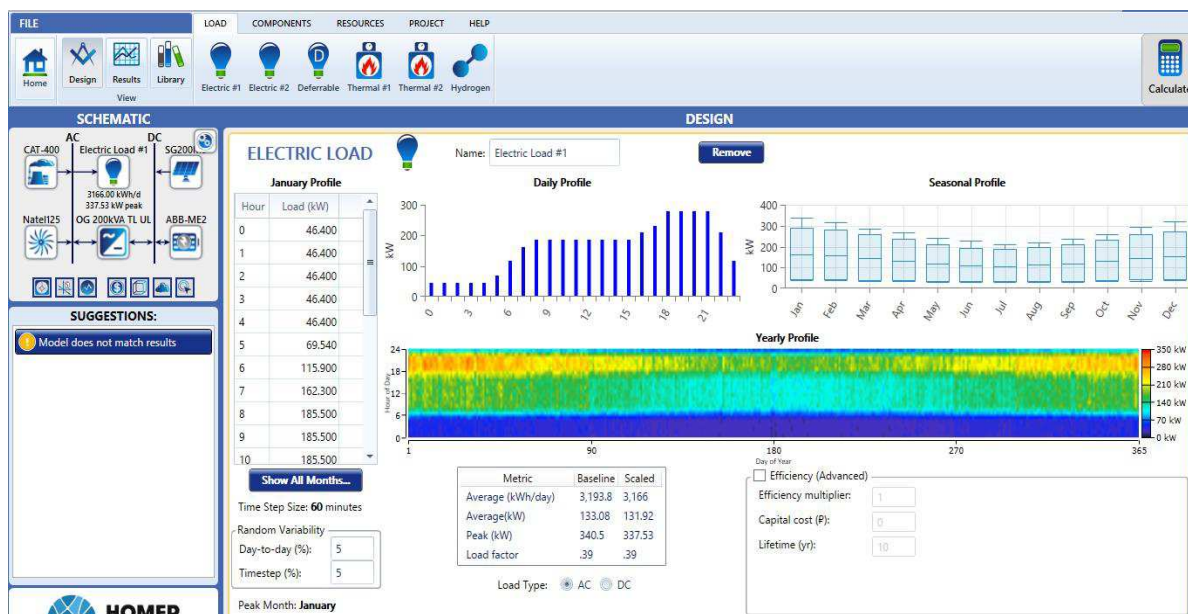


Рисунок 4.1- График нагрузки села Огур Балахтинского района

Следующим этапом является задание уровня солнечной инсоляции в районе строительства станции, а также определение температурного режима, что позволит более точно произвести расчёты работы фотоэлектрических установок. Программа позволяет как вручную внести необходимые данные, так и подгрузить их с выбранной базы данных, представленных в программах — это базы данных NASA и National Renewable Energy laboratory. Воспользуемся вторым вариантом, и используем базу данных NASA, так как она имеет больший ряд наблюдений, следовательно, точнее описывает уровень инсоляции. Результат уровня солнечной инсоляции представлен рисунке 4.2. Среднегодовой уровень солнечной инсоляции составил 3,1 кВт/м²/день.

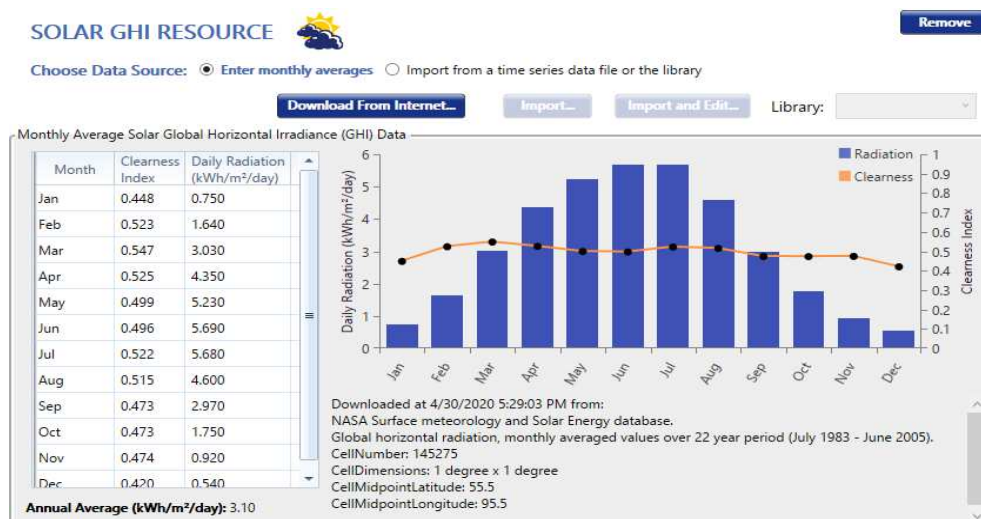


Рисунок 4.2- Солнечная инсоляция в районе посёлка Огур, определённая по базе данных NASA

Зададим температурный режим вблизи посёлка Огур. Результаты представлены на рисунке 4.3. Среднегодовая температура воздуха составляет -0,38⁰ С.

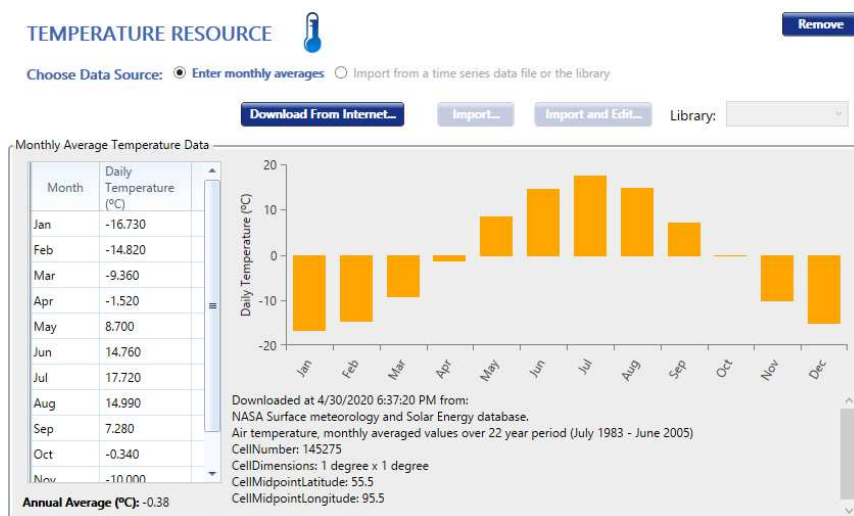


Рисунок 4.3- Температурный режим посёлка Огур

Следующим этапом является определение количества гидроресурсов в реке Огур. Для этого нужно воспользоваться вкладкой «Hydro Resource», там есть подробное исследование гидроэнергетического потенциала. Данные по среднемесячным расходам взяты с сети internet, предоставленные отделением гидрологии «Среднесибирское УГМС» [20]. Результаты представлены на рисунке 4.4. Среднегодовой расход реки Огур составил 7824 л/с. или 7,82 м³/с.

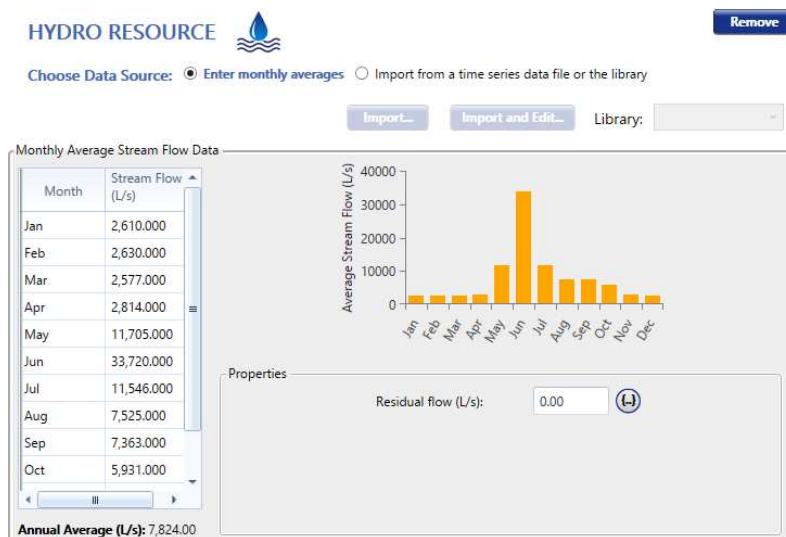


Рисунок 4.4- Гидрологические данные реки Огур

4.2 Расчёт оборудования в программе HOMER

Следующим этапом является заполнение вкладки Components. Есть два варианта заполнения данной вкладки: первый- воспользоваться встроенной

библиотекой, второй- задать параметры самостоятельно. На рисунке 4.5 представлены данные выбранного инвертора компании «Связь-Инжиниринг».

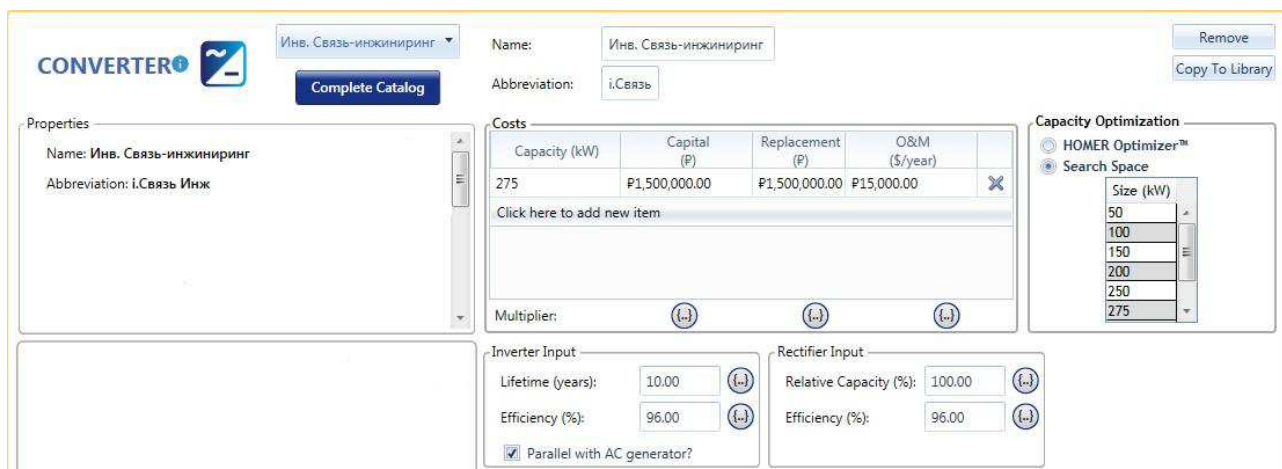


Рисунок 4.5- Параметры инвертора

Далее зададим аккумуляторную батарею. Ранее уже была выбрана батарея, зададим её характеристики. Результаты представлены на рисунке 4.6.

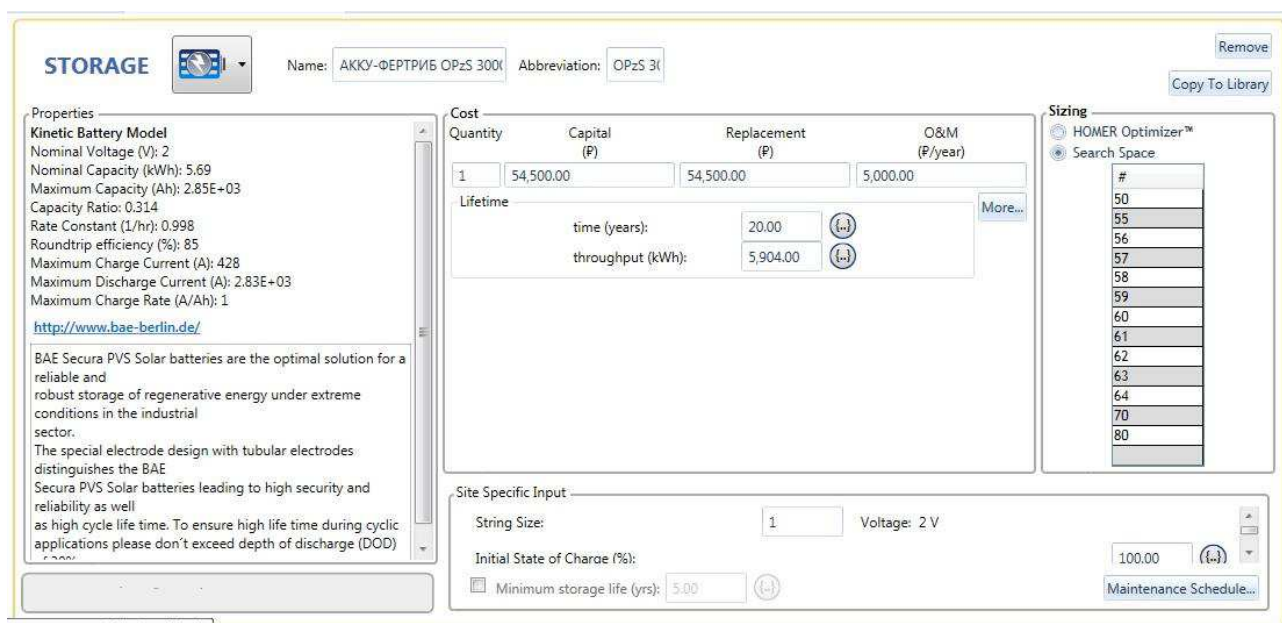


Рисунок 4.6- Параметры аккумуляторной батареи

Следующим этапом добавим фотоэлектрическую установку компании «ХЭВЭЛ», монокристаллический модуль- NVL-370/НТ. Номинальная мощность данного модуля составляет 370 Вт. Результаты представлены на рисунке 4.7.

Далее зададим гидроэнергетическую установку Natel FullyFlooded hydroEngine, параметры представлены на рисунке 4.8.

Add/Remove HVL-370/HJT

PV Name: HVL-370/HJT Abbreviation: HVL-37

Remove Copy To Library

Properties
 Name: HVL-370/HJT
 Abbreviation: HVL-370
 Panel Type: Flat plate
 Rated Capacity (kW): 300
 Temperature Coefficient: -0.410
 Operating Temperature (°C): 47
 Efficiency (%): 17.8
 Manufacturer: LONGi Solar Technolo
<http://www.lerri.com/>
 Notes:
 Mono. 26.5 kg. Footprint - 1.938396

Cost

Capacity (kW)	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€/year)
1	17,390.00	17,390.00	1,730.00

Lifetime time (years): 25.00 More...

Site Specific Input
 Derating Factor (%): 80.00

Sizing
 HOMER Optimizer™
 Search Space
 kW: 0, 50, 100, 150, 200, 250

Electrical Bus
 AC DC

Advanced...

Рисунок 4.7- Параметры фотоэлектрической установки HVL-370/HJT

HYDRO Name: Natel FullyFlooded hydroE Abbreviation: hydroE

Remove Copy To Library

Natel FullyFlooded hydroEngine

Economics
 Capital Cost (€): 22,075,817.
 Replacement Cost (€): 10,779,291.
 O&M Cost (€/yr): 1,262,242.0
 Lifetime (years): 30.00

Turbine
 Available head (m): 3.50
 Design flow rate (L/s): 8,010.00
 Minimum flow ratio (%): 32.33
 Maximum flow ratio (%): 162.30
 Efficiency (%): 79.62

Nominal Capacity: 218.974 kW

Systems to consider
 Simulate systems with and without the hydro turbine.
 Include the hydro turbine in all simulated systems.

Electrical Bus
 AC DC

Intake Pipe
 Pipe head loss (%): 15.00

Рисунок 4.8- Параметры ГЭС

Параметры дизель-генератора АД 320-T400 Ricardo представлены на рисунке 4.9.

Add/Remove АД 320-T400 Ricardo

GENERATOR Name: АД 320-T400 Ricardo Abbreviation: АД 320

Remove Copy To Library

Properties
 Name: АД 320-T400 Ricardo
 Capacity: 320 kW
 Fuel: Diesel
 Fuel curve intercept: 6.37 L/hr
 Fuel curve slope: 0.234 L/hr/kW

Emissions
 CO (g/L fuel): 3.99
 Unburned HC (g/L fuel): 0.03
 Particulates (g/L fuel): 0
 Fuel Sulfur to PM (%): 0
 NOx (g/L fuel): 14.46

Generator Cost
 Initial Capital (€): 2,000,000.00
 Replacement (€): 1,335,000.00
 O&M (€/op. hour): 133.000
 Fuel Price (€/L): 42.00

Optimization
 Simulate systems with and without this generator
 Include in all systems

Electrical Bus
 AC DC

Site Specific
 Minimum Load Ratio (%): 25.00
 Lifetime (Hours): 90,000.00
 CHP Heat Recovery Ratio (%): 0.00
 Minimum Runtime (Minutes): 0.00

Рисунок 4.9- Параметры дизель-генератора

4.3 Расчёт гибридной гелио-гидроэлектростанции

Когда все ресурсы установлены и выбрано основное оборудование, можно выполнять моделирование и расчеты гибридной системы.

Программа «HOMER» позволяет произвести подбор оборудования и мощности в автоматическом режиме, есть два варианта задания:

1. Подбор «Search space» (пространство поиска). Пространство поиска — это место, где можно определить значения, такие как емкость или количество для различных компонентов. «HOMER» использует эти значения для моделирования всех возможных конфигураций в системе и определяет наиболее эффективную конфигурацию.

2. Подбор в режиме HOMER optimizer, в данном режиме достаточно указать границы поиска, и программа сама выберет оптимальное количество.

В рамках данного проекта воспользуемся первым вариантом. Результаты расчётов представлены на рисунке 4.10. Жёлтым цветом указывается лучший вариант. Оптимальная мощность солнечной электростанции- 190 кВт, количество аккумуляторных батарей- 70 шт., мощность инвертора – 150 кВт.

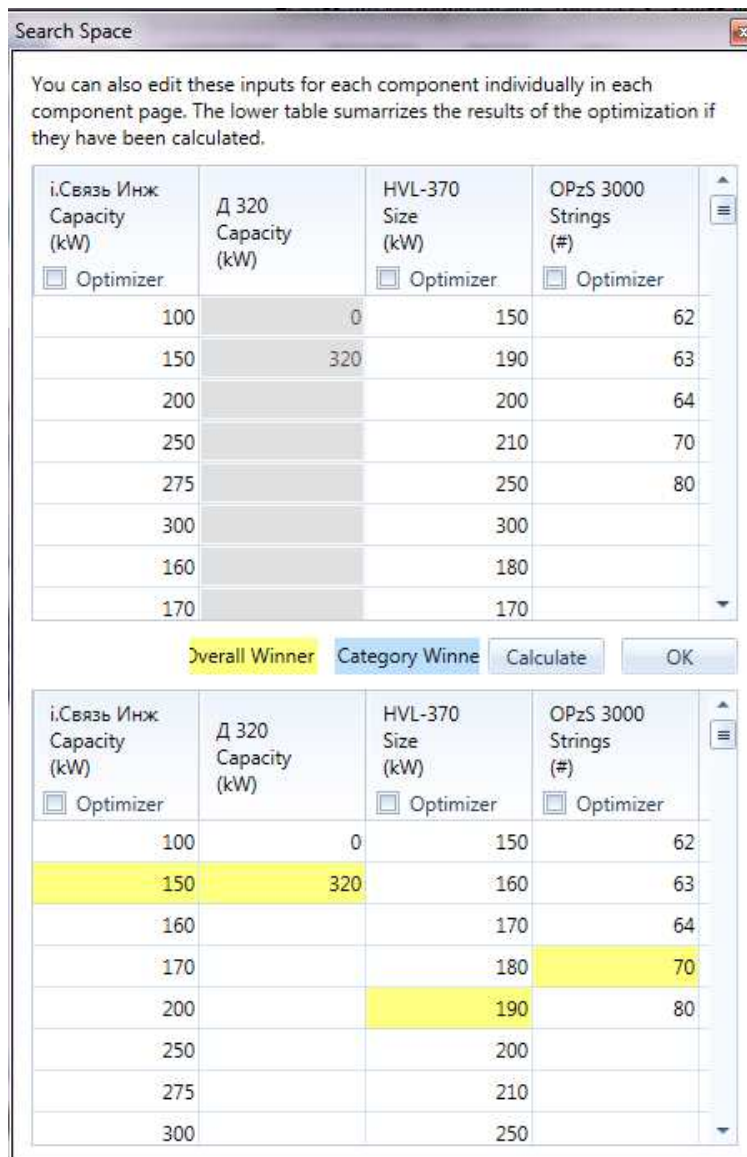


Рисунок 4.10- Расчет оборудования с помощью «Search space»

Окно расчётов «Результаты» представлено на рисунке 4.11.

FILE LOAD COMPONENTS RESOURCES PROJECT HELP

Home Design Results Library Electric #1 Electric #2 Deferrable Thermal #1 Thermal #2 Hydrogen

RESULTS

Summary Tables Graphs

Export... Optimization Results

Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.

Architecture								Cost				System	
HVL-370 (kW)	Д 320 (kW)	OPzS 3000	hydroEngine (kW)	i.Связь Инж (kW)	Dispatch	NPC (P)	COE (P)	Operating cost (P/yr)	Initial capital (P)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)		
190	320	70	219	150	LF	P118M	P8.29	P6.82M	P33.8M	77.7	98.194		
	320	49	219	100	LF	P121M	P8.55	P7.55M	P28.6M	67.6	117.619		
64.1	320		219	100	CC	P130M	P9.19	P8.52M	P25.7M	52.8	156.304		

Рисунок 4.11- Результаты расчетов гибридной гелио-гидроэлектростанции

В результате моделирования наиболее оптимальным вариантом является система, включающая себя: ГЭС, фотоэлектрические элементы, инвертор, АКБ и дизель-генератор. Менее привлекательным в плане стоимости проекта является система с ГЭС и дизель-генератором. Далее рассмотрим наиболее выгодный вариант.

В результате расчётов, на рисунке 4.12 наглядно представлен график мощностей в течении года, помимо этого указана годовая выработка электроэнергии в киловаттах, суммарная выработка составляет 1796181 кВт/год. Важным вопросом при проектировании комбинированной гелио-гидроэлектростанции является выбор соотношения солнечной и гидроэлектростанции. В зависимости от годовой выработки электроэнергии в конкретных климатических условиях тем или иным источником энергии, можно сделать вывод, какой из источников в гибридной установке будет выполнять функции основного, а какой-вспомогательного, и какое соотношение установленной мощности придется на тот или иной источник. Доля обеспечения электроэнергией ГЭС в такой системе составляет- 64,5%, фотоэлектрические модули- 18,2% дизель-генератор- 17,4%, общая доля электроэнергии вырабатываемой с помощью ВЭИ составила 77,7 % остальное приходится на дизель-генератор. Установка дизель-генератора позволяет исключить в такой системе дефицит мощности в зимнее время. С мая по сентябрь ВЭИ полностью покрывают нагрузку.



Рисунок 4.12- График мощностей
(Коричневый цвет- ГЭС, оранжевый- фотоэлектрические элементы, зелёный- дизель-генератор)

На рисунке 4.13 представлена симуляция работы ГЭС в течении года. Номинальная мощность ГЭС составляет 219 кВт. Стоимость электроэнергии,

выработанной на ГЭС составляет 2,62 руб/кВт*ч На графике по оси абсцисс время года, по оси ординат время суток. Данный график показывает распределение мощности, справа указана шкала мощности.

В марте и декабре, как видно на графике, недостаточно гидроресурсов для работы ГЭС. Наибольшая мощность наблюдается в период с апреля по октябрь. Наиболее наглядно это представлено на рисунке 4.14. Месяца простоя ГЭС из-за недостатка гидроресурсов можно запланировать под текущий и капитальный ремонт.

Quantity	Value	Units
Nominal Capacity	219	kW
Mean output	132	kW
Capacity factor	304	%
Total Production	1,158,057	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum output	0	kW
Maximum output	302	kW
Hydro penetration	100	%
Hours of operation	7,272	hrs/yr
Levelized Cost	2.62	€/kWh

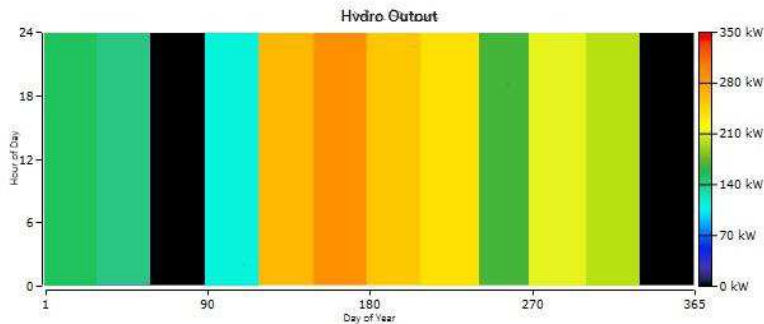


Рисунок 4.13- Симуляция работы ГЭС

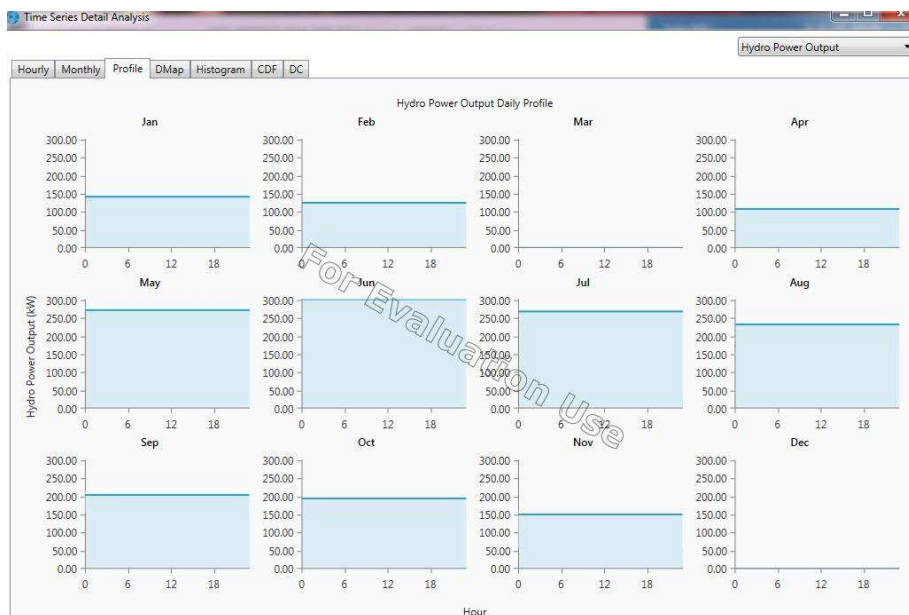


Рисунок 4.14- Распределение мощности ГЭС по месяцам

Важным параметром при проектировании электростанции является коэффициент использования установленной мощности (КИУМ)- данная характеристика показывает эффективность работы предприятия электроэнергетики. Данный коэффициент равняется отношению среднеарифметической мощности к установленной мощности электроустановки за определённый интервал времени, выражается в процентах. В рамках проекта этот показатель необходимо рассматривать за долгосрочный период, оптимальным временем являются расчёты за год. КИУМ для гидростанции в данном проекте составил 30,4%.

Для квалифицированных генерирующих объектов ВИЭ устанавливаются следующие нормативные индикаторы коэффициента использования установленной мощности КИУМ:

- 30-35% - в отношении генерирующих объектов гидрогенерации независимо от величины установленной мощности;
- 10-15% - в отношении генерирующих объектов солнечной генерации независимо от величины установленной мощности;

Далее, рассмотрим симуляцию работы солнечных панелей. Результаты представлены на рисунке 4.15. Установленная мощность солнечной станции составила 200 кВт с единичной мощностью панели 370 Вт, стоимость электроэнергии 2,66 руб/кВт*ч. КИУМ составил 13,5 %. Кроме того, на рисунке указана средняя выработка в день, средняя выработка по году, доля участия в общей выработке электроэнергии и среднегодовое число часов работы.

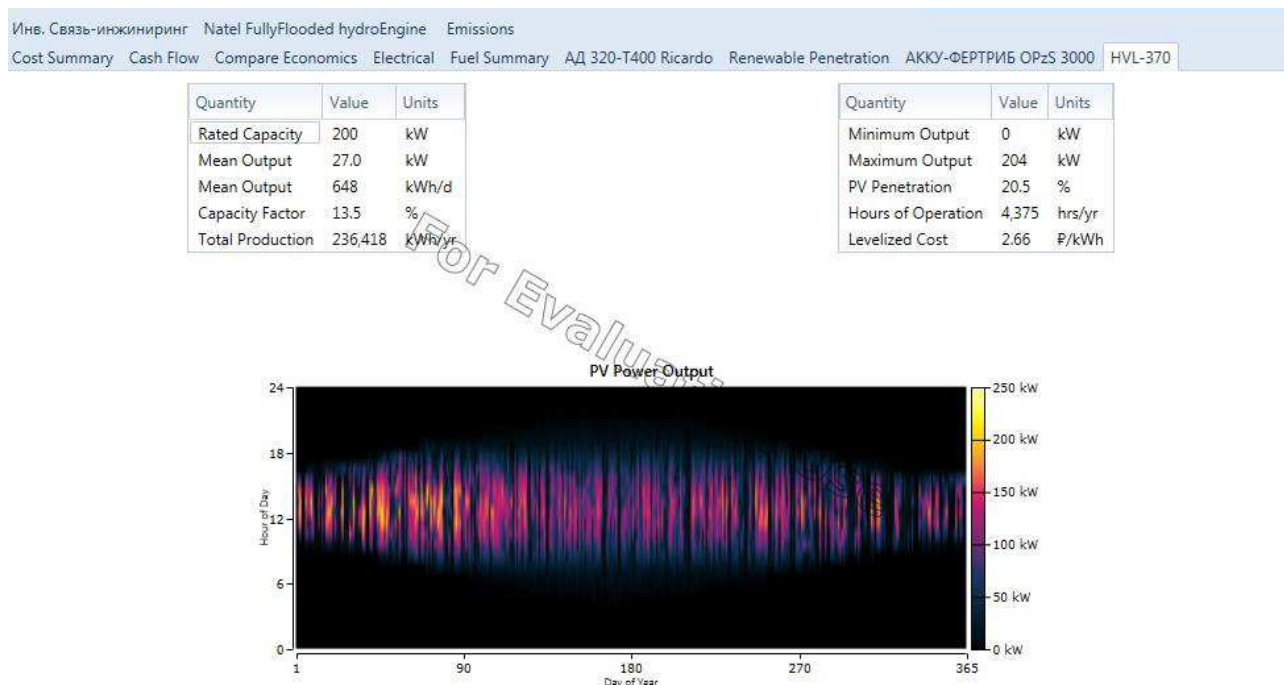


Рисунок 4.15- Симуляция работы солнечных панелей

Графики мощности солнечных панелей каждого месяца в году представлены рисунке 4.16.

Наибольшая выработка электроэнергии наблюдается в следующих месяцах: март, апрель, май, июнь, июль, август. В связи со снижением солнечной

активности выработка электроэнергии в остальное время снижается. Наибольшая активность солнца в данной широте наблюдается с 11 часов до 15 часов.

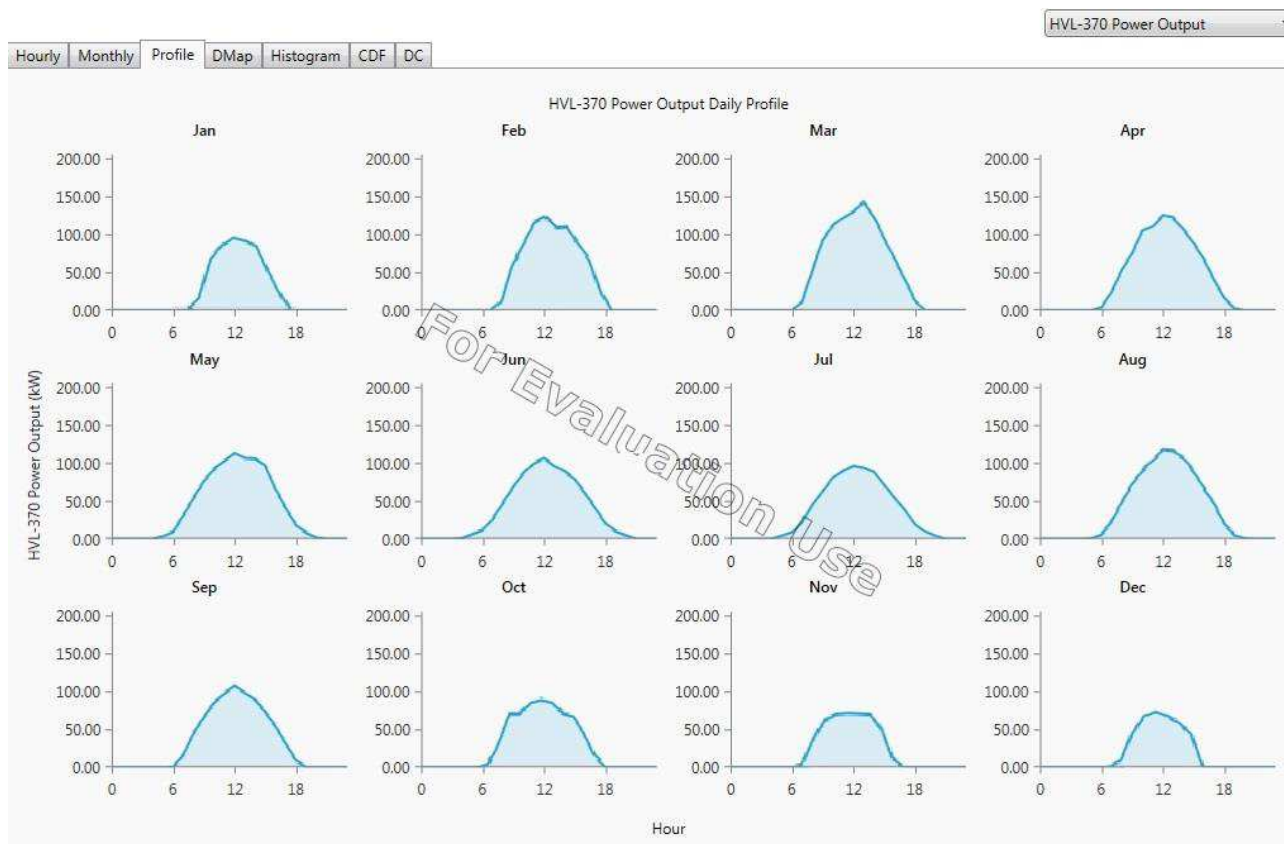


Рисунок 4.16- Мощность солнечных панелей

Выработка электроэнергии в зимнее время снижается из-за уменьшения солнечного дня. Но в солнечный и морозный зимний день, генерация солнечной электростанции может быть заметно больше, чем в такой же солнечный, но жаркий летний день. За 1 час солнечной погоды панели зимой выработают больше энергии, чем за тот же час, но летом. Общее количество энергии будет меньше, потому что зимой день намного короче, чем летом, и солнечных дней меньше. На рисунке 4.17 представлена температура солнечных модулей в течении года.

Работу инвертора подробно рассматривать не будем, так как является проходным элементом и описывает работу солнечной станции.

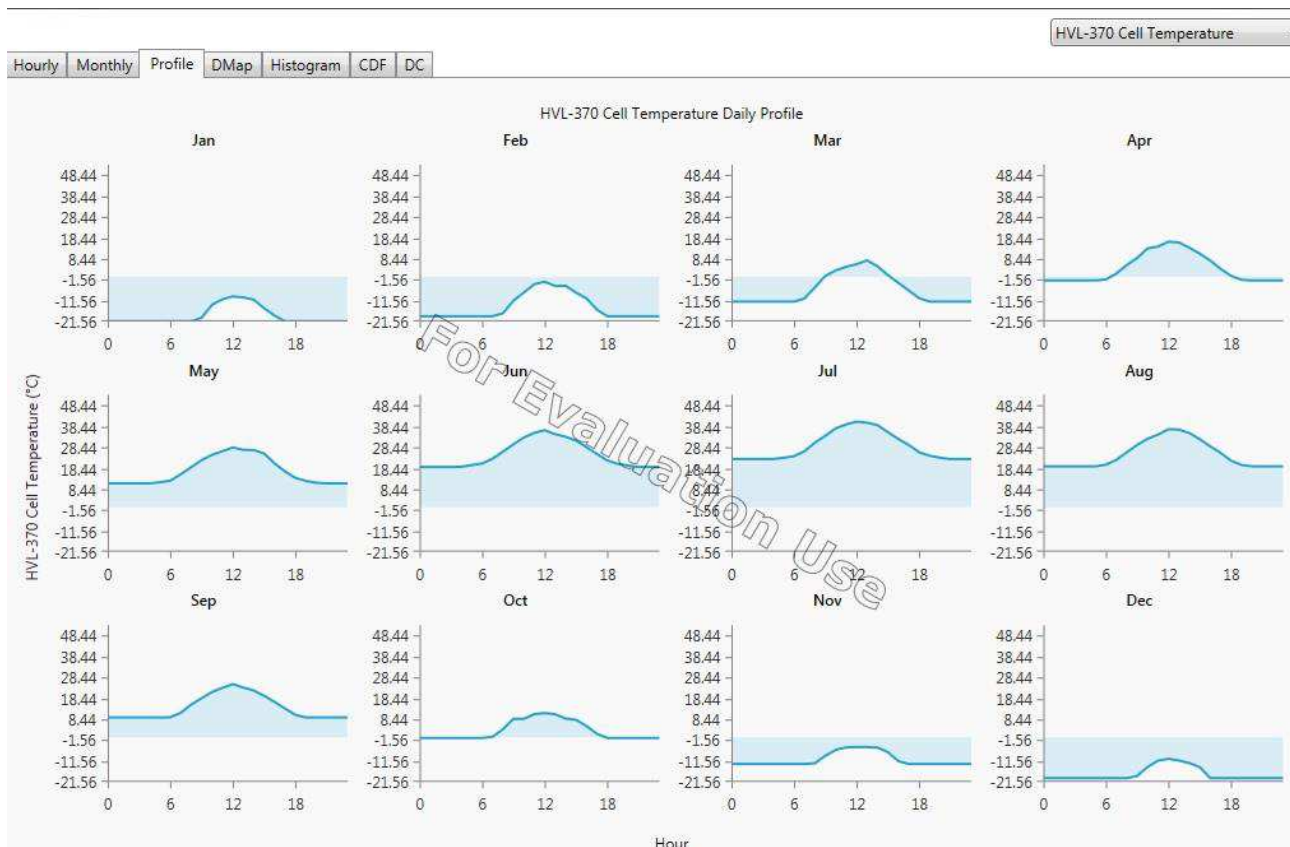


Рисунок 4.17- Температура солнечных панелей

Модуляция работы аккумуляторной батареи представлена на рисунке 4.18. Также на этом рисунке представлен статистический график «Ящик с усами», который показывает разброс значений ёмкости каждого месяца.

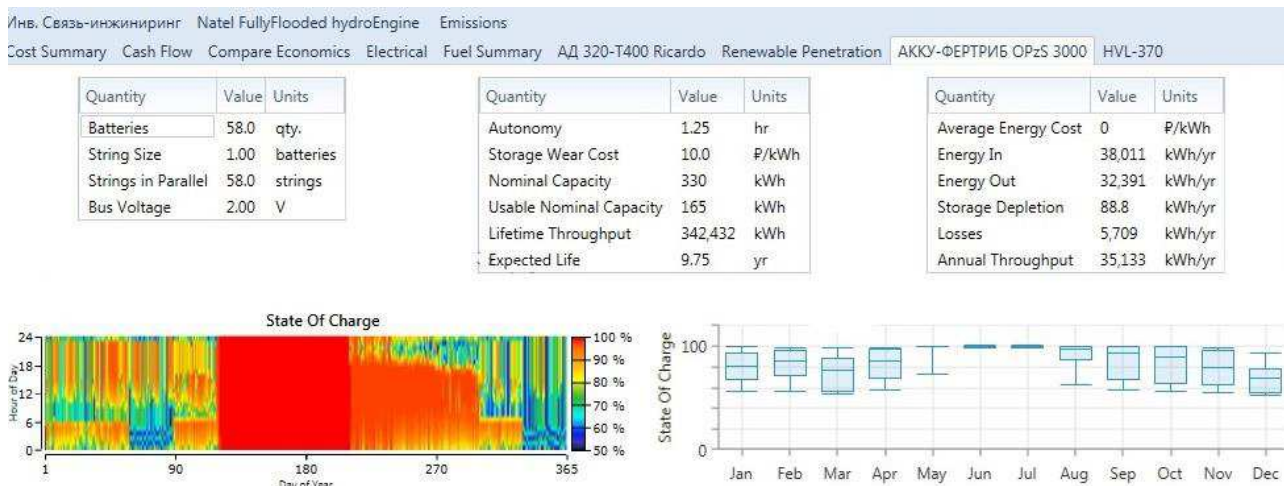


Рисунок 4.18- Модуляция работы АКБ

На рисунке 4.19 отображается состояние заряда АКБ в зависимости от месяца и времени суток. В настройка был задан минимальный уровень разряда АКБ- 50 %, для сохранения свойств аккумуляторной батареи и циклов заряда-разряда.

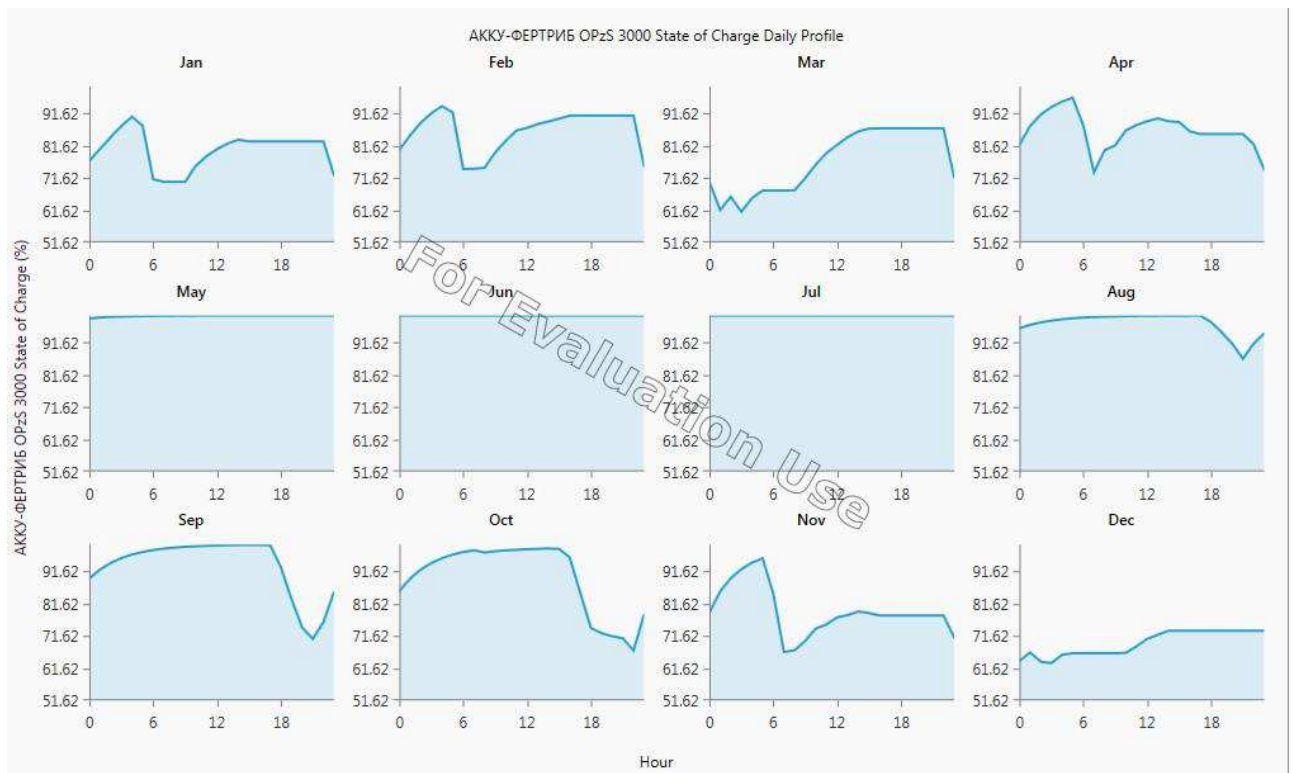


Рисунок 4.19- Состояние заряда АКБ

Полный заряд АКБ наблюдается во время максимальной солнечной активности — это период с мая по сентябрь.

Симуляция работы дизель-генератора АД 320-T400 Ricardo представлена на рисунке 4.20. Номинальная мощности дизель-генератора составляет 320 кВт.

В то время, когда снижается уровень солнечной активности, уменьшается расход воды в реке, ВЭИ полностью не способны покрыть нагрузку потребителя, начинает работать дизель-генератор. Наибольшая выдаваемая мощность дизель-генератора приходится с декабря по март. На рисунке 4.20 и 4.21 представлены графики распределения мощности в течение года.

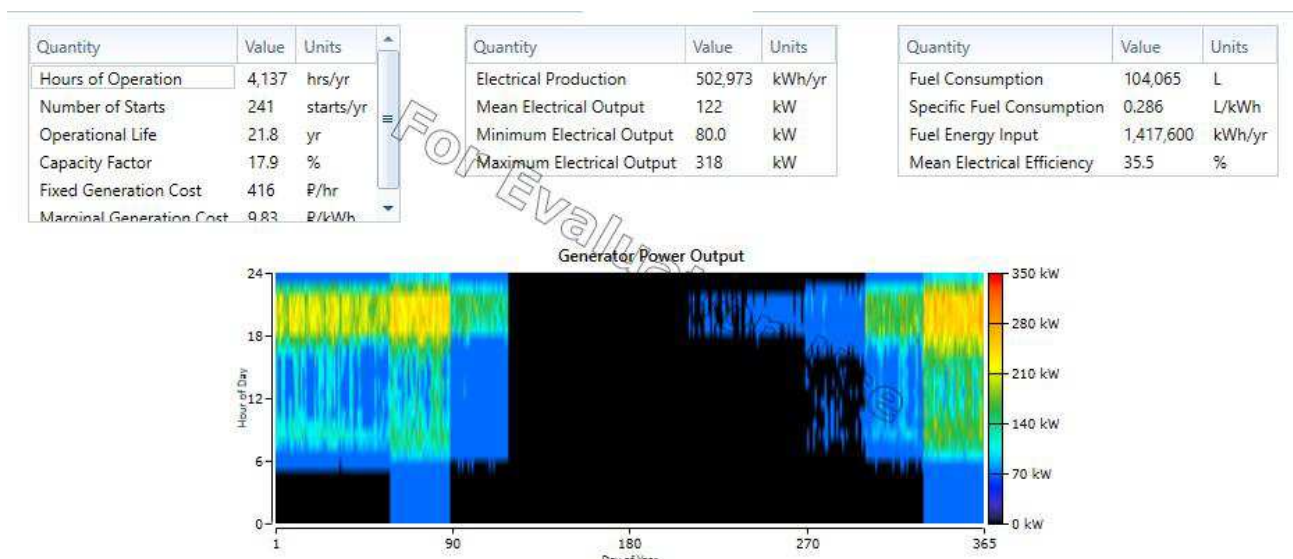


Рисунок 4.20- Симуляция работы дизель-генератора АД 320-T400 Ricardo

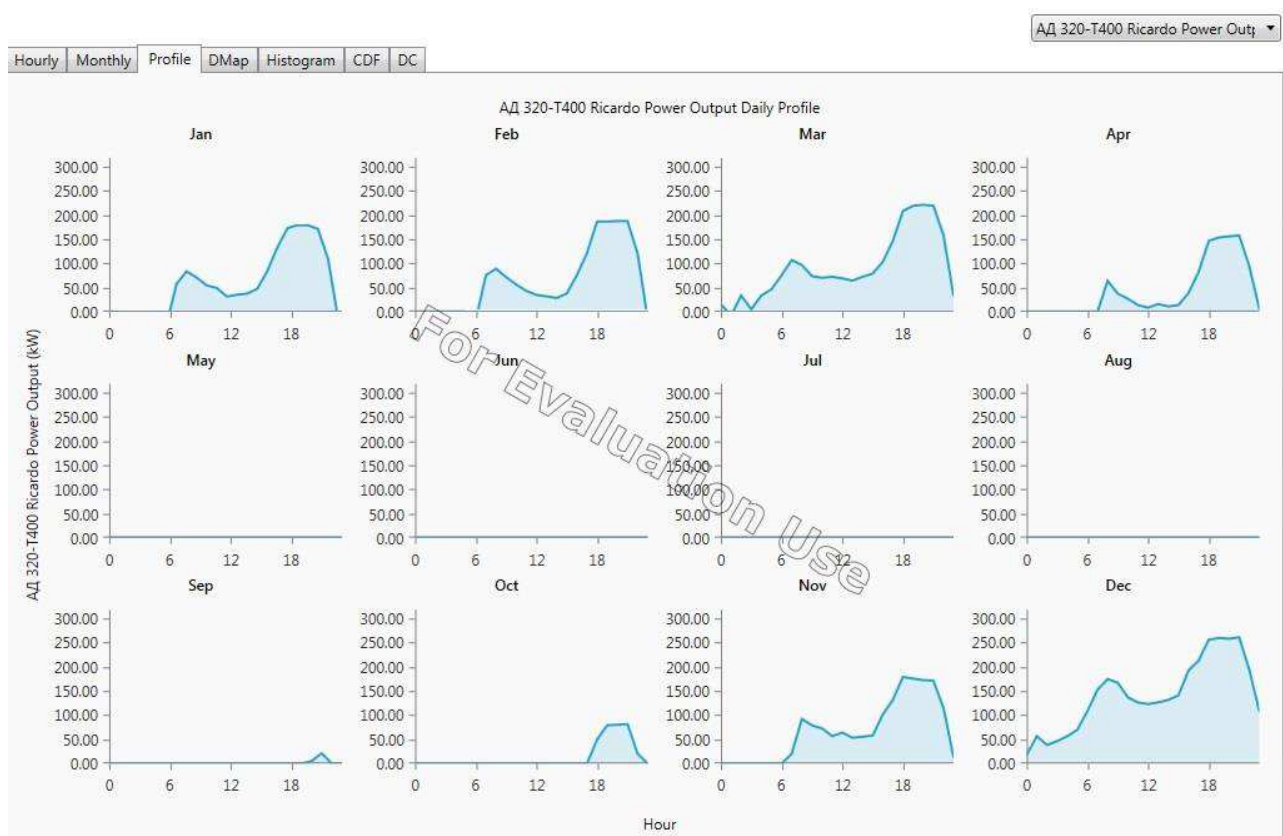


Рисунок 4.21- Распределение мощности в течение года дизель-генератора

Проведённое выше моделирование наглядно показывает об эффективности проекта. Данная гибридная система позволит осуществить бесперебойное снабжения электроэнергией посёлка Огур Красноярского края, что может способствовать уцразвитию промышленности в данной местности и комфортной жизни жителей посёлка.

4.4 Сравнение гибридной гелио-гидроэлектростанции и дизельной станции

Для того чтобы произвести сравнение гибридной гелио-гидроэлектростанции и дизельной станции необходимо провести отдельно моделирование системы на основе дизеля (рисунок 4.22), так как при добавлении ВИЭ, система на основе только дизель-генератора не рассматривается. Расчёты произведём на ту же нагрузку, что и при гибридной системе.

RESULTS													
Summary													
Export...													
Optimization Results													
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.													
Architecture		Cost				System			АД 320				
Icon	AD 320 (kW)	Dispatch	NPC (P)	COE (P)	Operating cost (P/yr)	Initial capital (P)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (P/yr)	Fuel Cost (P/yr)
	320	CC	P196M	P13.83	P15.8M	P2.00M	0	346,758	8,760	1,243,251	346,758	1,165,080	14,563,838

Рисунок 4.22- Параметры системы на основе дизель-генератора

Для того чтобы выявить преимущества той или иной системы сведём основные данные в таблицу (таблица 4.1).

Таблица 4.1- Сравнение систем

Параметр	Система на основе дизеля АД 320-Т400 Ricardo	Гибридная гелио-гидроэлектростанция
Капитальные затраты, млн. руб	196	118
Нормированную стоимость электроэнергии, руб/кВт·ч	13,83	8,35
Эксплуатационные расходы, млн. руб	15,8	6,87
Доля возобновляемых источников энергии, %	0,0	77,7
Количество используемого топлива, л/год	346,758	98,4
Ежегодные затраты на топливо, млн.руб/год	14,563	4,132

Далее подробнее поясним, что включает в себя некоторые параметры:

- Капитальные затраты- компонента представляет собой текущую стоимость всех затрат на установку проекта. NОMER рассчитывает чистую текущую стоимость каждого компонента в системе и системы в целом;
- Нормированная стоимость энергии- средняя стоимость за кВт·ч полезной электрической энергии, произведенной системой;
- Эксплуатационные расходы представляют собой годовую стоимость всех затрат и доходов, кроме первоначальных капитальных затрат;
- Доля возобновляемых источников энергии — это доля энергии, поступающей на нагрузку, которая поступает из возобновляемых источников энергии.

Для наглядности затрат построим график, который показывает «стоимость жизненного цикла». Это график представляет текущую стоимость всех затрат на установку и эксплуатацию в течение жизненного цикла проекта, за вычетом текущей стоимости всех доходов, которые он получает в течение жизненного цикла. Данный график представлен на рисунке 4.23.

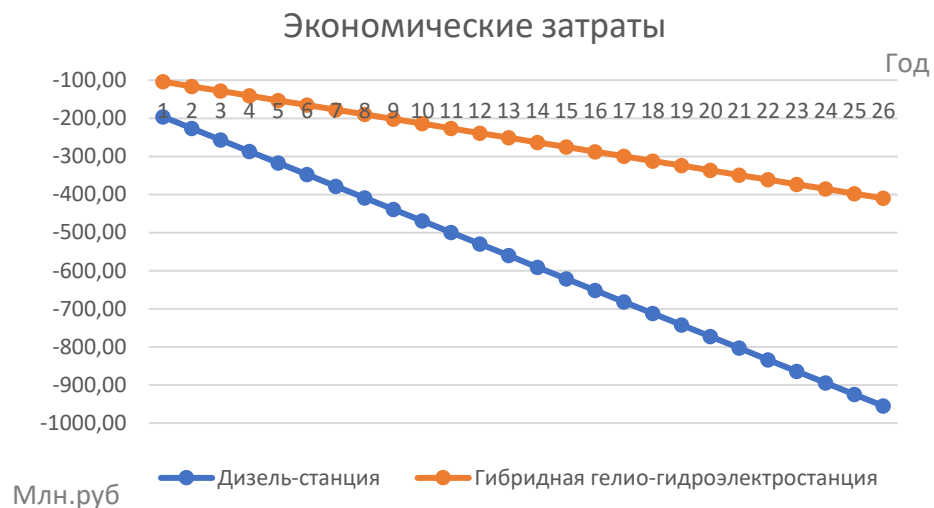


Рисунок 4.23 – График стоимости жизненного цикла

График стоимости жизненного цикла показывает, что гибридная система позволяет практически в два раз сэкономить денежные средства при эксплуатации. Основная экономия в гибридной системе идет за счёт меньшего использования топлива.

Компьютерная программа расчёта энергокомплекса Номер позволила определить оптимальные параметры и состав оборудования для гибридной станции. Подбор и расчёты осуществлялись на основании реальных гидрологических данных реки Огур и уровня солнечной инсоляции в данной местности, а также с учётом климатических особенностей региона. Кроме того, был задан график нагрузки посёлка Огур. Именно это позволило осуществить точную симуляцию работы гибридной гелио-гидроэлектростанции, в результате расчётов было установлено, что ГЭС и СЭС не могут полностью покрыть нагрузку в зимний период из-за климатических особенностей в данной местности, поэтому в системе используется дизель-генератор. Программа показала, что использование в системе ВЭИ, позволяет ежегодно использовать в 3,5 раза меньше топлива.

5 Технико-экономическое обоснование проекта гибридной гелио-гидроэлектростанции

Для того чтобы оценить экономическую привлекательность проекта необходимо предоставить такое техническое решение, которое позволит значительно снизить эксплуатационные расходы при эксплуатации станции. Одним из способов решения такой задачи является использование нескольких синхронизированных источников электроэнергии, включая возобновляемые источники энергии с высоким замещением использования дизельного топлива на 50% и более и с использованием высокой степени автоматизации, эти мероприятия позволят снизить эксплуатационные расходы на 25% и более и получить приемлемые сроки окупаемости проекта. Программа «Nomer» позволяет рассчитать затраты на стоимость и содержания основного оборудования, используемого в гелио-гидроэлектростанции. Расчёты в программе показали, что капитальные затраты составляют 142 миллиона 553 тысячи и 500 рублей.

Капитальные затраты определяются по формуле:

$$K = C_{\text{осн}} + C_{\text{всп}} + \text{НДС} + Z_{\text{ст}} + Z_{\text{д}} + Z_{\text{пр}} + Z_{\text{стр}} + Z_{\text{смр}}, \quad (5.1)$$

где $C_{\text{осн}}$, $C_{\text{всп}}$ - стоимость основного и вспомогательного оборудования; НДС - налог на добавленную стоимость, тыс.руб., НДС составляет 20% от закупочной цены и распространяется как на отечественных, так и на зарубежных производителей; $Z_{\text{д}}$ - затраты на доставку, тыс.руб., составляют 15% от стоимости оборудования; $Z_{\text{пр}}$ - затраты на проектные работы, тыс.руб., определяются в размере 10% от стоимости закупаемого оборудования; $Z_{\text{стр}}$ - затраты на строительство, тыс.руб., составляют 8 % от стоимости оборудования; $Z_{\text{смр}}$ - затраты на строительно-монтажные работы, тыс. руб., определяются в размере 12 % от стоимости оборудования.

Себестоимость электрической энергии $C_{\text{ГГЭС}}$, вырабатываемой на гибридной гелио-гидроэлектростанции составила 10,07 руб./(кВт·ч) и вычисляется следующим образом:

$$C_{\text{ГГЭС}} = I / P_{\text{ГГЭС}}, \quad (5.2)$$

где $I=7,725$ млн.руб, ежегодные эксплуатационные издержки.

$$I = I_{\text{о.п.}} + I_{\text{т.р.}} + I_{\text{з}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{пр}}, \quad (5.3)$$

где $I_{\text{о.п}}$ – издержки на обслуживаемый персонал, руб.,

$$I_{\text{о.п.}} = k_{\text{шт.}} \cdot P_{\text{ГГЭС}} \cdot \Phi \quad (5.4)$$

где $k_{шт.}$ - коэффициент штатного персонала, чел./кВт;

Φ – годовой фонд заработной платы одного работника, тыс. руб.;

$I_{т.р.}$ – издержки на текущий ремонт станции, оборудования и ЛЭП, руб.;

$$I_{т.р.} = 0,02 \cdot (C_{стр} + C_{осн} + C_{лэп}); \quad (5.5)$$

$I_з$ – издержки на запасные части к оборудованию и ЛЭП, руб.

$$I_з = 0,01 \cdot (C_{всп} + C_{осн} + C_{пр} + C_{лэп}); \quad (5.6)$$

$I_{ам}$ – издержки на амортизационные отчисления гибридной станции и ЛЭП, руб.

$$I_{ам} = 0,034 \cdot C_{стр} + 0,02 \cdot (C_{стр} + C_{осн} + C_{лэп}) + 0,025 \cdot C_{лэп}; \quad (5.7)$$

$I_{пр}$ - прочие издержки, руб.

$$I_{пр} = 0,05 \cdot (I_{о.п.} + I_{т.р.} + I_з + I_{ам}), \quad (5.8)$$

Важным фактором при разработке проекта является срок окупаемости. При расчете срока окупаемости проекта рассчитывается временной период, по окончании которого инвестированные средства равны сумме полученной прибыли. То есть формула расчета срока окупаемости позволяет определить период, в течение которого все средства, вложенные в проект, возвращаются инвесторам, и проект начинает приносить прибыль. Рассчитано следующим образом:

$$T_{ок} = \frac{K}{П} = \frac{120,385}{\sim 32,364} = 3,75 \text{ лет}, \quad (5.9)$$

где $T_{ок}$ - срок окупаемости; K - капитальные затраты; $П$ - чистая прибыль.

Таким образом, срок окупаемости проекта гибридной гелио-гидроэлектростанции составил 3 года и 8 месяцев.

Для корректного сравнения экономической эффективности малой гидроэлектростанции необходимо учитывать стоимость дизельного топлива, используемого для выработки такого же количества электроэнергии. Объем «вытесненного» дизельного топлива V , л, рассчитывают по формуле:

$$V = 0,03 \cdot W_{ГГЭс} = 0,03 \cdot 1796181 = 53885,43 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}, \quad (5.10)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной проблемой развития малой энергетики является проблема транспортировки материалов для капитального ремонта, дизельного топлива, газа в труднодоступные районы. Именно поэтому стоимость электроэнергии во многих районах Красноярского края завышена. Наиболее перспективной заменой дорогостоящего дизельного топлива является применение гибридных установок с использованием возобновляемых источников энергии.

В результате исследования установлено, что для села Огур Балахтинского района наиболее экономически эффективным является применение гибридной электростанции на базе СЭС, ГЭС и дизель-генератора. Кроме того, в результате проведённых в диссертационной работе исследований, направленных на определение возможностей использования возобновляемых источников энергии в децентрализованных районах Красноярского края, получились следующие результаты:

- Было изучено текущее состояние солнечной энергетики в России и мире. Был проведён анализ уровня солнечной инсоляции в Красноярском крае, в результате было установлено, что регион обладает высокой солнечной активностью и пригоден для строительства солнечных электростанций;

- Был определён солнечный и гидроэнергетический потенциал муниципальных образований Красноярского края, были выявлены районы с децентрализованным энергоснабжением. В результате был выбран наиболее подходящий район для внедрения солнечной и гидроэлектростанции, так как этот посёлок обладает необходимыми ресурсами, питание потребителя осуществляется с помощью дизель-генератора, что является одним из самых дорогих источников электроэнергии, также не всегда надёжная работа ДЭС в результате перебои в электроснабжении достигают несколько дней;

- С помощью программного комплекса «НОМЕР» был произведён подбор оптимальной компоновки автономной системы электроснабжения, которой является гибридная гелио-гидроэлектростанция. Была произведена оптимизация количества солнечных панелей, АКБ;

- Рассчитаны основные технико-экономические показатели. Капитальные вложения на строительство гибридной гелио-гидроэлектростанции составили 118 млн.руб; Экономия денежных средств за счёт уменьшения использования дизельного топлива, при внедрении возобновляемых источников энергии составляет более чем в 3,5 раза. Был рассчитан такой показатель как инвестиционная привлекательность проекта, срок окупаемости проекта составил 3 года 8 месяцев.

Данный проект демонстрирует возможность использования возобновляемых источников энергии в децентрализованных районах Красноярского края, позволяя экономить денежные средства, требуемые для работы дизельной станции в селе Огур Балахтинского района. Кроме того, использование ВЭИ позволит снизить уровень негативного воздействия на экосистему Красноярского края.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виды и рейтинги экономических ресурсов [Электронный ресурс] / Экономическая библиотека. URL: <http://eclib.net/50/11.html>.
2. Энергетические ресурсы [Электронный ресурс] / Горная энциклопедия URL: <http://www.mining-enc.ru/e1/energeticheskie-resursy/>.
3. Альтернативные источники энергии в России: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] / студенческий научный форум. URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/502/770>.
4. Плюсы и минусы альтернативных источников энергии [Электронный ресурс] / Аллей паруса. URL: <http://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2014/04/08/plyusy-i-minusy-alternativnykh-istochnikov>.
5. Гидроэнергия [Электронный ресурс] / энергиякрафт. URL: <http://energycraft.ru/energiya-rek-ges/2010-05-13-21-19-39.html>.
6. Солнечная энергетика России: перспективы и проблемы развития [Электронный ресурс] / Гос инормационная система URL: <http://www.eprussia.ru/epr/80/5626.htm>.
7. Ветраэнергетика [Электронный ресурс] / Центр альтернативной энергии. URL: <http://auditenergy.ru/windenergy.html>.
8. Ветреная ветряная энергетика [Электронный ресурс] / Наука и жизнь. URL: <http://www.nkj.ru/archive/articles/22733/>.
9. Энергетические ресурсы биомассы [Электронный ресурс] / Энергетика. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-1/section-2/2-3/2-3-1>.
10. Преимущества и недостатки различной гидроэнергии [Электронный ресурс] / Альтернативная Энергия. URL: <http://alternenergy.ru/stati/preimuschestva-i-nedostatki-razlichnoi-g.html>.
11. Техничко-экономическая оценка возможности использования возобновляемых источников энергии на территории Красноярского края в разрезе муниципальных образований края. Том IV «Солнечная энергетика»: отчет о 117 НИР / ФГАОУ ВПО СФУ; рук. Е.А. Бойко; исполн.: В.Н. Тимофеев [и др.]. – Красноярск, 2013. – 215 с
12. Безруких П.П., Дегтярев В.В., Елистратов В.В., Панцхава Е.С., Петров Э.С., Пузаков В.Н., Сидоренко Г.И., Тарнижевский Б.В., Шпак А.А., and Ямпольский А.А. Справочник по ресурсам ВИЭ России и местным видам топлива. Москва: ИАЦ "Энергия", 2007. 272 pp.
13. Водные ресурсы Красноярского края: Статистический отчет администрации Красноярского края; 2004г.
14. СНиП 2.01.14-83 «Определение расчетных гидрологических характеристик» . – М.: Госстандарт, 1983, 48 с.
15. ГОСТ 15150-69. Государственный стандарт Российской Федерации. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения т транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. Утверждён и введён в действие Постановлением Госстандарта СССР от

29.12.1969 года (переиздан в апреле 2010 года). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.normacs.ru:8889/Doclist/doc/8PA.html>.

16. ГОСТ 14254. Межгосударственный стандарт. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками. Утверждён и введён в действие Постановлением Госстандарта России от 12.04.1996 года № 9-96., (переиздан в апреле 2010 года) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.docme.ru/doc/14335/gost-14254-96-%282002%29>.

17. ГОСТ 18275. Государственный стандарт. Аппаратура радиоэлектронная. Номинальные значения напряжения и силы тока питания. Утверждён постановлением Госстандарта СССР от 01.01.1974 года № 2244. [Электронный ресурс]. URL: <http://libt.ru/gost/download/gost-18275-72.html>

18. ГОСТ Р 51238-98 Нетрадиционная энергетика. Гидроэнергетика малая. Термины и определения Источник [Электронный ресурс] URL:: <http://www.gosthelp.ru/gost/gost9040.html>

19. Лукутин Б. В., Суржикова О. А., Шандарова Е. Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. – М. : Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.

21. Леонтьев Г. А. Малая энергетика в разных ракурсах // Мировая энергетика. – 2009. – № 6. – С. 36–39.

22. Проект Министерства энергетики Российской Федерации «Энергетическая стратегия России на период до 2035 года». – М. : Минэнерго Российской Федерации, 2014.

23. Метеорологический ежемесячник / Федер. служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды ; Среднесибирское УГМС. – М., 2001–2011.

24. Красноярский край. Официальный портал [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.krskstate.ru/krasnoyarskkray/territories>.

25. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П. П. Безруких [и др.]. – СПб. : Наука, 2002. – 314 с.

26. Официальный сайт Министерства строительства и ЖКХ Красноярского края [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gkh.24.ru>.

27. Выбор критериев оптимизации при разработке гибридных установок на основе солнечных модулей для электропитания локальных удаленных потребителей промышленно-бытового назначения / А. С. Григорьев [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – № 12(104). – С. 39–48.

28. База данных NASASSE [Электронный ресурс]. – URL: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.

29. Киушкина В.Р. Возобновляемые источники энергии в энергетической безопасности локальных энергозон. // Промышленная энергетика. – № 9 - 2016.

30. Киушкина В.Р. Проблемы энергообеспеченности с позиции энергетической безопасности изолированных энергозон Арктических территорий // Сборник трудов Международного форума «Арктика: общество, наука и право» - Санкт-Петербург: СПбГУ, 2018.

31. Храмова А.П., Носков М.Ф. Оценка проблем надежности гибридных систем выработки электроэнергии // Гидроэлектростанции в XXI веке, 2019.
32. Курочкина Ю.В., Носков М.Ф. Оценка возможности использования возобновляемых источников энергии в децентрализованных районах Красноярского края // Гидроэлектростанции в XXI веке, 2020.
33. Елистратов, В. В. Автономное энергоснабжение территорий России энергокомплексами на базе возобновляемых источников энергии / В. В. Елистратов // Энергетический вестник. – 2016. – № 21. – С. 42-49.
34. Штерн, В. И. Эксплуатация дизельных электростанций / В.И. Штерн. – М.: Энергия, 1980. – 120 с.
35. Суфлян, Д.А. Проблемы надежности автономных систем электроснабжения децентрализованной энергозоны / Д.А. Суфляр, В.Р. Киушкина // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике: Материалы X Всероссийской научно-технической интернет-конференции, Том 1, Пермский нац. иссл. политех. ун-т, Пермь, 2016. – С. 46-52.
36. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М. , 1990. – 24 с.
37. European Smart Grids technology platform: Vision and strategy for Europe's electricity net-works of the future. European Commission, 2006, 38 p.;
38. Lukutin, B., Kiushkina, V. Energy security of northern and arctic isolated territories. E3S Web of Conferences Regional Energy Policy of Asian Russia, volume 77 (2019), [01008]. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20197701008>
39. Foster, M.A.; Fay, G; Lister, C. Future of renewable energy // Renewable Energy World, Journal. – 2004. – № 8. – P. 85–87.
40. Specifics of assessing energy security of isolated energy service areas in territories with harsh climatic conditions /V. Kiushkina, D.Antonenkov // International Journal of Energy Technology and Policy (Special Issue on: "Intellectual Energy Technologies: Prospects and International Experience". Vol.15 Nos.2/3, 2019, pp.236 – 253.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Параметры инвертора

УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Температура эксплуатации	от минус 50 до плюс 85 °С
Относительная влажность при эксплуатации	95 % при температуре + 35 °С
Атмосферное давление	от 84 до 107 кПа
Соответствие стандарту качества электроэнергии	ГОСТ Р 54149-10
Соответствие стандарту ЭМС	ГОСТ Р 51317.6.4-2009
Габариты ШхГхВ (модели 1, 2.5 и 5 кВт), мм	600х600х725
Габариты ШхГхВ (модели 15 и 30 кВт), мм	660х730х1500
Вес нетто (модели 1, 2.5 и 5 кВт), кг	79
Вес нетто (модели 15 и 30 кВт), кг	270

Рисунок А.1- Параметры инвертора

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Параметры контроллера

Таблица Б.1- Параметры контроллера


Наименование параметров	OutBack FlexMAX- 80 MPPT
Номинальное напряжение, В	12, 24, 36, 48, 60
Максимальная сила тока, А	80 до +40С (возможность настройки максимума)
Макс.мощность генерации, Вт	12 В: 1250 Вт; 24 В: 2500 Вт; 48 В: 5000 Вт; 60 В: 6250 Вт
Рекомендуемая мощность, Вт	12 В: 1000 Вт; 24 В: 2000 Вт; 48 В: 4000 Вт; 60 В: 5000 Вт
Собственное потребление, Вт	менее 1
Эффективность	97,5% при 80 А в системах 48 В (типичное значение)
Зарядное устройство	5 стадий: заряд, поглощение, поддержка, ожидание, выравнивание
Напряжение заряда, В	13 – 80
Макс. входное напряжение	до 150
Защищенность корпуса, В	Использование внутри помещений
Размеры (В x Ш x Г), см	41,3*14 *10
Вес, кг	5,56
Дисплей	встроенный, ЖК 8 см с подсветкой
Цена, руб.	31800

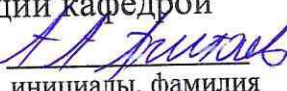
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра «Гидроэнергетики, гидроэлектростанций, электроэнергетических
систем и электрических сетей»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись, дата


инициалы, фамилия

« 02 » 07 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

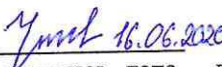
РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ГЕЛИО-ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

13.04.02.06 Гидроэлектростанции

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профессор кафедры
ГГЭЭС, доктор

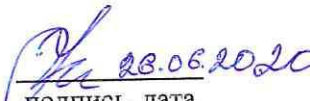
Научный руководитель


подпись, дата

технических наук
должность, ученая степень

М.Ф. Носков
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

Ю.В. Курочкина
инициалы, фамилия

Рецензент

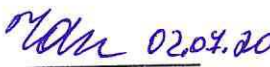

подпись, дата

Начальник ЦРВО
ООО «ИСО»

должность, ученая степень

А.В. Децура
инициалы, фамилия

Нормоконтроль


подпись, дата

А.А. Чабанова
инициалы, фамилия

Саяногорск; Черёмушки 2020