

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

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Оценка эффективности использование солнечной электростанции в составе системы электроснабжения пгт. Тура ЭМР Красноярского края

Обучающийся

А.В. Бурояков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д.А. Кретов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Ключевые слова: энергия, возобновляемые источники энергии, реклуозер, система энергообеспечение, молниезащита.

В данной бакалаврской работе постарались оценить эффективность использования системы энергообеспечения п. Тура Эвенкийского муниципального района Красноярского края на основе возобновляемых источников энергии. Для чего был проведен литературный обзор по возобновляемым источникам энергии, а именно солнечным панелям, рассмотрены достоинства и недостатки.

Для разработки системы энергообеспечения п. Тура Эвенкийского муниципального района Красноярского края наиболее перспективным источником является энергия солнца в летний период.

Цель работы - разработка системы энергообеспечения и оценка эффективности.

Объект исследования - п. Тура Эвенкийского муниципального района Красноярского края.

Пояснительная записка проекта включает 51 страницу машинописного текста, 3 рисунка, 12 таблиц и 20 источников литературы и графический материал, включающий в себя шесть листов А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Теоретические аспекты развития возобновляемых источников энергии	6
1.1 Темпы развития возобновляемых источников энергии	6
1.2 Фотоэлектрические установки.....	9
2 Электропотребление поселка Тура	12
3 Электротехнические характеристики проекта АГЭУ п. Тура.....	14
3.1 Фотоэлектрические модули и опорные конструкции	16
3.2 Инверторная станция (ИС).....	18
3.3 Комплектная трансформаторная подстанция	21
3.4 Система накопления энергии (СНЭ).....	23
3.5 Реклоузер 6 кВ.....	25
3.6 ЛЭП 6 кВ.....	26
3.7 Кабельное хозяйство.....	28
3.8 Расчет выработки электрической энергии ФЭС	29
4 Система энергообеспечения п. Тура	33
5 Заземление и молниезащита	34
6 Техничко-экономическое обоснование	36
6.1 Общие сведения	36
6.2 Расчет себестоимости 1кВт·ч электроэнергии от АГЭУ.....	36
Заключение	46
Список используемой литературы	48

Введение

В России в данное время, из-за постоянного повышения стоимости ископаемого топлива (уголь, нефть, газ) и отпускаемой цены на электроэнергию коммунально-бытовым потребителям и предприятиям, производят широкое внедрение энергетических установок, использующих возобновляемые источники энергии (солнце, ветер, малые реки и т.д.).[1]

На сегодняшний день возобновляемые источники энергии (ВИЭ) привлекают все большее внимание, как обычных людей, так и руководителей многих государственных предприятий, международных корпораций. А применение параллельно работающих с сетью энергоносителей и солнечных электростанций (СЭС) будет являться наиболее эффективным способом использования ВИЭ повсеместно [16]. Сейчас часто обсуждаются увеличивающиеся проблемы энергетики и экологии, решение которых в мировом масштабе в будущем не представляется возможным без широкого использования экологически чистых ВИЭ [13].

В настоящее время в России уже установлены планы по внедрению ВИЭ в энергоснабжение нашей страны. По данным Ассоциации развития возобновляемой энергетики (АРВЭ), опубликованным в информационном бюллетене «Рынок возобновляемой энергетики России: текущий статус и перспективы развития», благодаря реализуемой с 2013 года программе поддержки ВИЭ по состоянию на конец первого квартала 2020 года в России построено более 1500 МВт энергомощностей ВИЭ (около 75% из них приходится на солнечные электростанции, остальное — на ветроэлектростанции). Совокупная годовая выработка электроэнергии на объектах возобновляемой энергетики превысила 1,5 млрд кВт·ч. При этом отмечается, что темпы ввода «зеленой» генерации в стране в 2019 году выросли вдвое по сравнению с 2018 годом, а в 2020 году, за первый квартал которого было уже введено 300 МВт, ожидается дальнейшее двукратное

увеличение объемов строительства. Всего за 2020 год планируется ввести более 1000 МВт объектов ВИЭ.

Возобновляемые источники включают широкий спектр источников энергии и технологий их преобразования в полезные для человека виды (электричество, тепло, холод, печные и моторные топлива и т.п.). Большая часть ВИЭ имеют солнечное происхождение (само солнечное излучение, ветер, водные потоки, биомасса). [4].

В данной бакалаврской работе постарались оценить эффективность использования системы энергообеспечения п. Тура Эвенкийского муниципального района Красноярского края на основе возобновляемых источников энергии. Для чего был проведен литературный обзор по возобновляемым источникам энергии, а именно солнечным панелям, рассмотрены достоинства и недостатки.

Для разработки системы энергообеспечения п. Тура Эвенкийского муниципального района Красноярского края наиболее перспективным источником является энергия солнца в летний период.

1 Теоретические аспекты развития возобновляемых источников энергии

1.1 Темпы развития возобновляемых источников энергии

На сегодняшний день все чаще во всем мире используются возобновляемые источники энергии в бытовых и промышленных целях. Тем не менее, некоторые государства практически не применяют возобновляемые источники энергии. В соответствии с разными прогнозными оценками, которые не подвергаются оспариванию, многие государства используют возобновляемые источники энергии лишь в 15% от всего энергобаланса. В результате осуществляется формирование многочисленных дискуссий о том, чтобы повышать данный показатель даже несмотря на то, что присутствуют соответствующие тенденции к его росту [4].

Структура системы возобновляемых источников энергии характеризуется солнечной, ветровой, геотермальной энергиями, энергией, которую создают морские приливы и волны, биомасса – растений, разные органические отходы. Стоит также отметить наличие энергии, которую создает окружающая среда. Возобновляемые источники энергии характеризуются малыми гидроэлектростанциями, отличающимися от крупных гидроэлектростанций лишь по мощности [4]. Каждый возобновляемый источник энергии освоен на определенном уровне. Парадокс заключается в том, что широкое распространение отмечается у наиболее изменчивого и непостоянного вида возобновляемой энергии – ветра. В сумме показатель мировой установленной мощности крупных ветроэлектрических установок и систем ветроэнергетического типа, находится на отметке порядком 10-20 ГВт. Причиной тому служат сниженные капиталовложения в ветроэнергетические установки, если приводить в сравнение прочие виды возобновляемых источников энергии. Также осуществляется повышение

суммарной мощности ветряной установки, а также единичной мощности с превышением 1 МВт [20].

На втором месте, если рассматривать объем использования, стоит отметить применение геотермальной энергетики. В сумме показатель суммарной мировой мощности геотермальных электростанций находится на отметке порядком 6 ГВт и продолжает расти. Стоит отметить высокую конкурентоспособность геотермальных электростанций, тем не менее, отмечается географическая привязанность к месторождениям парогидротермальных и термоаномальных, распространение которых отмечается не везде, в результате чего геотермальные установки применяются достаточно ограниченно. Система геотермального теплоснабжения также популярна как геотермальные электростанции. При этом также важно отметить наличие солнечной энергии. Применение ее осуществляется для того, чтобы производить тепло в соответствии с коммунальным бытовым горячим водоснабжением и теплоснабжением. В качестве преобладающего оборудования стоит отметить наличие своеобразных солнечных коллекторов, которые имеют вакуумные трубки.

На сегодняшний день активно преобразуется солнечная энергия в электрическую посредством термодинамического и фотоэлектрического подходов. Для последнего характерно наибольшее его распространение. Автономные фотоэлектрические установки по всему миру насчитывают в сумме 500 МВт мощности. Резервный источник выступает в качестве электросети для возмещения энергетического недостатка. Когда реализовывался немецкий проект «Тысяча крыш», при котором свыше 2000 крыш домов оборудовались посредством фотоэлектрических установок, финансирование поступало федеральным и земельным бюджетами.

США характеризуются принятием наиболее масштабной программы, которая подразумевала расходы порядка 6,3 млрд долларов до 2010 года. Тем не менее, в основном, автономные фотоэлектрические установки производятся через международную финансовую поддержку [4].

Существенно развивается и направление деятельности, в котором применяется тепло, которое издает окружающая среда – вода, грунт, воздух, применяя тепловые насосные установки [2, 3, 4, 8].

Также стоит отметить высокую интенсивность развития применения энергии биомассы. Для последней характерна конвертация в соответствии с удобными с технической стороны топливами или применяться для того, чтобы получать энергию через термохимическую и биологическую конверсию. Также осуществляется применение древесных и прочих растительных, органических отходов, городского мусора, отходов животноводческой деятельности и птицеводческой деятельности. Когда осуществляется биологическая конверсия, в качестве конечного продукта стоит отметить наличие биогаза и высококачественного с экологической стороны чистого удобрения. Данное направление перспективно, чтобы производить энергию. [3, 6]. В последнее время стоит отметить заинтересованность в том, чтобы создавать и применять малые гидроэлектростанции. Они распространяются все больше во многих государствах, поскольку их работа практически полностью автоматизирована, управление осуществляется дистанционно [4].

Меньшее всего применяется энергия прилива и волны. На сегодняшний день отмечается наличие лишь одной крупной приливной электростанции, мощность которой чуть превышает 240 МВт (Ранс, Франция). Меньше всего применяется энергия волны. В отношении данного метода проводятся лишь начальные эксперименты и исследования [4]. Именно в таком состоянии на сегодняшний день находится применение возобновляемых источников энергии по всему миру. В Российской Федерации возобновляемые источники энергии не применяются так как в других государствах. Масштаб применения требует существенного развития. Также вопреки таким благоприятным предпосылкам, когда неограниченно применяются ресурсы возобновляемых источников энергии, данная область характеризуется высоким научным техническим и промышленным потенциалом [2].

1.2 Фотоэлектрические установки

Для солнца характерно прямое или косвенное предоставление разнообразнейшего выбора с возобновляемыми источниками энергии. В соответствии с его воздействием движется атмосферный воздух, осуществляется формирование морских волн, океанических течений, таяния льда и так далее.

В результате этого появляются ветроэнергетические установки, морские, волновые и ледниковые электростанции. Появление первичных гидроэлектростанций осуществляется в результате воздействия солнечной энергии, когда испаряются атмосферные осадки и реализуется круговорот воды в природе [6].

В соответствии со всеми использующими солнечную энергию технологиями, для фотоэлектрической энергетики характерно наличие впечатляющих перспектив.

В фотоэлектрических установках не имеются движущиеся части, отмечается надежность, простота устройства не воздействуют негативно на окружающую среду.

Здесь осуществляется прямое применение солнечной энергии с мгновенным началом работы после получения световых лучей.

Действительно, технология характеризуется очевидными недостатками: световая рассеянность, нерегулярные поступления, что определяется климатическими условиями, сезоном и временем суток [6].

Под влиянием потребностей космической промышленности, технологии производства фотоэлектрических установок начали развиваться и в России. В начале 90-х годов государство прекратило финансирование отрасли, и к текущему моменту наши производители не способны предложить готовых продуктов, предназначенных для использования в быту.

При этом отечественные фотоэлектрические модули широко используются для производства солнечных энергетических систем зарубежными производителями [6, 8].

Вместе с тем, перспективы использования солнечной энергии в России огромны.

За неделю на территорию нашей страны поступает такое количество солнечной энергии, которое превышает энергию всех российских ископаемых топливных ресурсов, включая уран, нефть, газ и уголь.

В этом можно убедиться посмотрев на карту распределения солнечной энергии по территории России, опубликованную в августовском номере журнала "Оборудование" (рисунок 1) [2, 8].

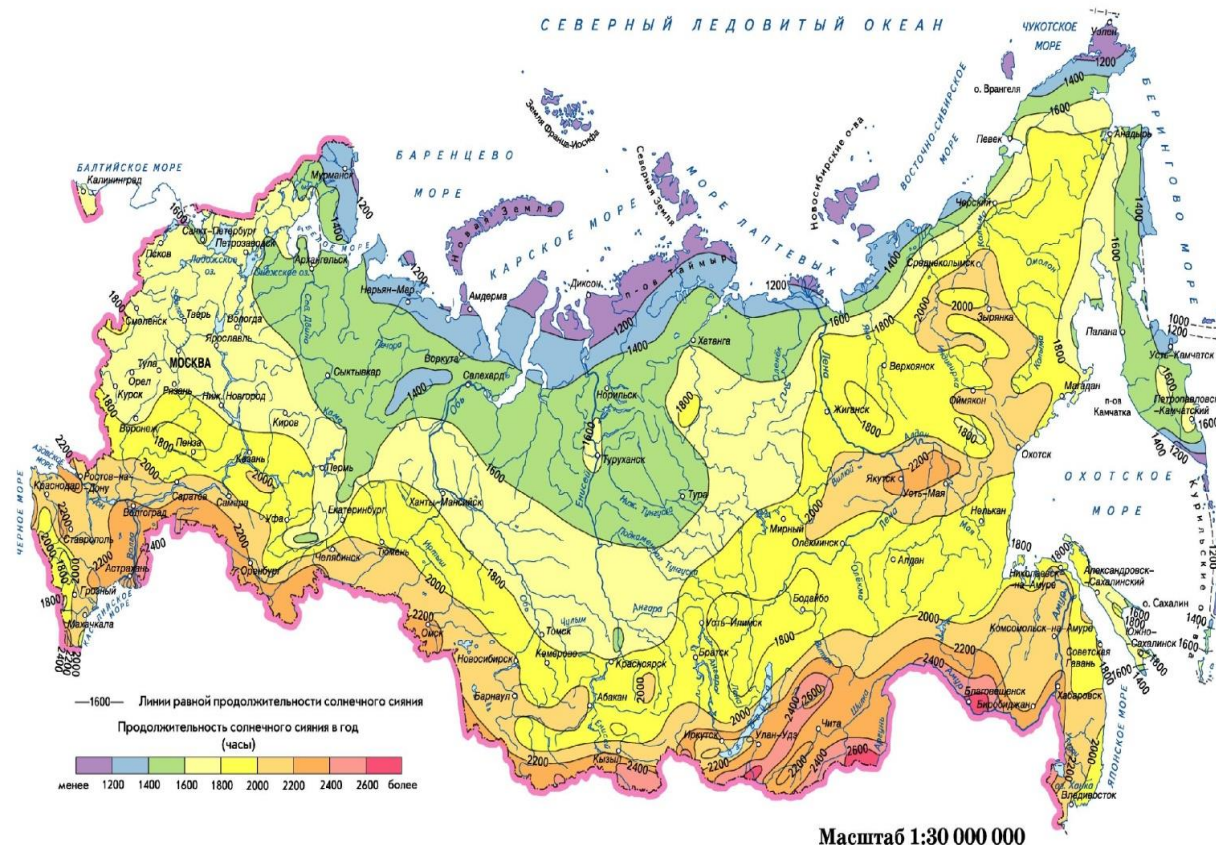


Рисунок 1 – Районирование территории России по продолжительности солнечного сияния за год (часы)

Расположение Красноярского края – средние и высокие широты, тем не менее – в данную зону осуществляется поступление существенного количества энергии Солнца. Солнечное сияние продолжается в среднем на протяжении 2000-2400 часов ежегодно.

В соответствии с многолетними наблюдениями, когда рассматривается годовой ход, солнечная радиация максимальная в июне, минимальная – в декабре месяце.

Проанализировав то, как распределяется солнечная энергия, стоит отметить, что поступление большей ее части осуществляется в летнее и весенне-осеннее время. Разумеется, не целесообразно применять СЭС зимой с экономической точки зрения, с точки зрения практики целесообразно применять солнечную энергию лишь летом.

2 Электропотребление поселка Тура

Объектом электроснабжения является поселок Тура, расположение поселка - выше 64 градусов северной широты. Поселок является административным центром Эвенкийского муниципального района. Расположен на правом берегу реки Нижней Тунгуски, в месте впадения в нее реки Кочечум. Население поселка Тура составляет порядка 5 тысяч человек. Кроме того, что поселок Тура удален от краевого центра на 1012 км, он изолирован от энергосистем Сибири [18]. Единственный доступ к электроэнергии в настоящее время осуществляется с использованием дизель-генераторов. Электроснабжение п. Тура осуществляется от трех дизельных электростанции (ДЭС). Данные по электропотреблению поселка представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Электропотребление поселка Тура

Месяц	Среднесуточное потребление п. Тура, кВт	Потребление за месяц, кВт
Январь	180000	5580000
Февраль	170400	4941600
Март	84000	2604000
Апрель	64800	1944000
Май	38400	1190400
Июнь	31200	936000
Июль	31200	967200
Август	31200	967200
Сентябрь	38400	1152000
Октябрь	64800	2008800
Ноябрь	79200	2376000
Декабрь	170400	5282400
Итого:		29949600

Выдача мощности потребителям происходит по линиям электропередач 6,3 кВ. График электроснабжения 24 часа в сутки, то есть бесперебойное круглосуточное электроснабжение в течение года, при допустимых непродолжительных перерывах не более двух часов. Следует отметить, что учреждение здравоохранения обеспечено резервными дизель-генераторами,

это позволяет в автоматическом режиме в течение короткого промежутка времени восстановить подачу электроэнергии.

Состояние сетей электроснабжения поддерживаются в хорошем состоянии, налажен дистанционный учет потребления электроэнергии посредством системы учета электропотребления (АСКиУЭ).

Министерство энергетики России прогнозирует рост потенциала именно возобновляемых источников электрической энергии в таких изолированных энергосистемах. В современных условиях в поселке Тура возникает необходимость использовать автономную гибридную энергоустановку (далее АГЭУ), для сокращения расходов на закупку и дорогостоящую доставку дизельного топлива. Именно АЭГУ предназначена для электроснабжения изолированных энергосистем и труднодоступных районов. Система включает в себя преимущества дизель-генерации и солнечной генерации. В периоды максимальной солнечной инсоляции дизельные электростанции могут останавливаться. АГЭУ поселка Тура в административном отношении будет расположена: Российская Федерация, Красноярский край, Эвенкийский район, п.Тура.

3 Электротехнические характеристики проекта АГЭУ п. Тура

Проектируемая АГЭУ имеет установленную мощность 2500 кВт и предназначена для выработки электрической мощности в электрическую сеть 6,3 кВ. Выдача мощности предусматривается по воздушной линии 6 кВ, выполненной защищенным проводом (ВЛЗ 6кВ) от КТП проектируемого объекта до распределительного устройства КРУ 6,3 кВ ДЭС-1.

АГЭУ включает в себя фотоэлектрическую систему (ФЭС) и систему накопления энергии, характеристики представлены в таблице 2.

Технологическая схема ФЭС предусматривает применение следующего основного оборудования:

- фотоэлектрические модули (ФЭМ);
- инверторы в составе инверторной станции (ИС);
- комплектная трансформаторная подстанция (КТП);
- систему накопления энергии (СНЭ);
- реклоузер 6 кВ в составе.

Таблица 2 — Основные технологические характеристики СЭС

Наименование показателя	Единица измерения	Величина
Мощность АГЭУ	кВт	2500
Площадь, занимаемая СЭС	м ²	89400
Количество ФЭМ	шт.	4896 / 1248
Мощность ФЭМ	Вт	405 / 400

Режим работы ФЭС периодический – преобразование световой энергии солнца в электрическую энергию будет производиться только в дневное время суток. Работа оборудования ФЭС осуществляется в автоматическом режиме.

В качестве основного генерирующего оборудования для ФЭС приняты фотоэлектрические модули мощностью 400, 405 Вт. Мощность, генерируемая ФЭМ, передается по кабельным линиям в инверторы.

Инверторы, с необходимым коммутационным и другим технологическим оборудованием устанавливаются в блочно-модульном

здании – инверторной станции (ИС). В инверторной станции АГЭУ Тура устанавливаются 9 инверторов, мощностью 250 кВА каждый. Инвертор преобразует постоянный ток в переменный ток напряжением 0,8 кВ. В ИС предусмотрено распределительное устройство (РУ) 0,8 кВ, для приема электрической энергии от инверторов и ее передачи далее в КТП.

В КТП установлен сухой трехобмоточный трансформатор мощностью 2500 кВА [7], распределительные устройства РУ 0,8 кВ и РУ 0,4 кВ, а также технологическое оборудование систем АГЭУ. К обмотке трансформатора на стороне 0,8 кВ подключается ИС, на стороне 0,4 кВ – СНЭ, а также запитываются собственные нужды АГЭУ, на стороне 6,3 кВ – проектируемая ВЛЗ 6кВ ДЭС-1 – АГЭУ Тура.

Проектом предусмотрена установка реклоузера 6 кВ, выступает в качестве коммутационного аппарата, структура которого характеризуется силовым вакуумным выключателем в наружном исполнении, когда отмечается интегрированная система, в соответствии с которой измеряются токи и напряжения, наличие микропроцессорного шкафа управления, у которого достаточно продвинутые функции.

Задача системы, которая накапливает электрическую энергию (СНЭ), накапливать, хранить электрическую энергию и отдавать ее к сети или нагрузке, чтобы энергосистема функционировала достаточно стабильно, повысить эффективность работы и обеспечить требуемое качество, которым обладает электрическая энергия.

СНЭ обеспечивает небаланс, обусловленный неравномерной выработкой электроэнергии ФЭМ, повышая эффективность работы системы генерации.

КТП, ИС, СНЭ выполнены изделиями полной заводской готовности в виде блочно-модульных зданий (контейнеров). Модульные здания оборудованы системами вентиляции, отопления, кондиционирования, рабочего и аварийного освещения, розеточной сетью, магистралью заземления, конструкциями для канализации кабелей и электропроводки,

пожарной и охранной сигнализацией, входящими в комплект поставки зданий [5].

В районе АГЭУ температура воздуха холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 составляет минус 55 °С, абсолютная минимальная – минус 59 °С. Абсолютная максимальная температура воздуха плюс 39 °С. Рабочие значения (минимальные, как основа для выбора оборудования) климатических факторов района проектирования приняты согласно СП 131.13330.2018 «Строительная климатология».

Согласно ГОСТ 15150-69 «Климатическое исполнение, категория размещения» площадка АГЭУ относится к макроклиматическому району с холодным климатом.

В соответствии с ГОСТ 15543.1-89 «Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам» оборудование принимается в исполнении «ХЛ» или «УХЛ».

3.1 Фотоэлектрические модули и опорные конструкции

Для выработки требуемой электрической мощности проектируемым объектом в качестве фотоэлектрических панелей предусматривается применение ФЭМ типа панелей GCLM3/72GDF 400 Вт и 405 Вт. Данный тип ФЭМ является двусторонним.

Двусторонние солнечные батареи изготавливаются из фотоэлементов, которые поглощают солнечное излучение, как с лицевой, так и с тыльной стороны. Задняя поверхность панели генерирует энергию поглощая солнечное излучение отражающиеся от земли и других объектов.

Применение двусторонних панелей позволяют получить прибавку к выработке электроэнергии 10-20% по отношению к традиционным односторонним солнечным батареям.

Основные технические характеристики панелей представлены в таблице 3, характеристики даны при стандартных тестовых условиях: (удельный световой поток 1000Вт/м², температура модуля 25°С, атмосферная масса 1,5).

Таблица 3 — Основные технические параметры ФЭМ

Наименование показателя	Единица измерения		GCL-400		GCL-405	
Максимальная мощность	Вт		400	283	405	286
Напряжение при номинальной мощности	В	40,90	41,30	41,08	41,48	
Сила тока при максимальной мощности	А	9,78	6,85	9,86	6,90	
Напряжение открытого контура при минимальной температуре	В	49,20	48,50	49,37	48,67	
Ток короткого замыкания	А	10,28	7,22	10,36	7,27	
Габариты	мм	2036×1002×30		2036×1002×30		
Площадь	м ²	2,04		2,04		
Вес	кг	25,9		25,9		

В светлое время суток фотоэлектрические модули вырабатывают электрическое напряжение порядка 40В (при номинальной нагрузке).

Для его повышения до напряжения 860В – 1300 В (определяется инвертором) ФЭМ соединяют последовательно в цепочку из 24 панелей с помощью коннекторов МС4.

Для установки ФЭМ используются опорные конструкции (ОК). На одной ОК устанавливаются 4 ряда панелей ФЭМ по 6 шт. в каждом ряду.

Расположение панелей ФЭМ – альбомное Объединение ФЭМ в цепочки предусматривается следующим образом: два верхних ряда на двух соседних ОК – одна цепочка; два нижних ряда на двух соседних ОК – другая цепочка.

Такое объединение ФЭМ в цепочки обусловлено распределением цепочек ФЭМ по входам инвертора.

Некоторые пары цепочек соединены в параллель при помощи МС4-У коннектора с предохранителем 15 А. В цепочке, подключаемой на 1 МРРТ вход инвертора совместно с объединённой, используется МС4 коннектор с предохранителем 15 А.

Для установки ФЭМ используются опорные конструкции (ОК). На одной ОК устанавливаются 4 ряда панелей ФЭМ по 6 шт в каждом ряду.

Расположение панелей ФЭМ – альбомное Объединение ФЭМ в цепочки предусматривается следующим образом: два верхних ряда на двух соседних ОК – одна цепочка; два нижних ряда на двух соседних ОК – другая цепочка.

Для уменьшения тока в объединенной цепочке в проекте предусмотрено объединение в параллель только тех цепочек, которые установлены на двух нижних рядах ОК.

Конструктивное исполнение опорных конструкций (ОК) ФЭМ – металлоконструкция, состоящая из опорных стоек, ригелей, прогонов и шарниров, связанных в единую конструкцию.

ФЭМ на опорных конструкциях устанавливаются под углом 40° к горизонту, поверхность ОК ориентирована на юг. Ориентация по длинной стороне ОК - с запада на восток.

3.2 Инверторная станция (ИС)

ИС выполнена изделием полной заводской готовности в виде блочно-модульного здания.

Модульное здание оборудовано системами вентиляции, отопления, кондиционирования, рабочего и аварийного освещения, розеточной сетью, магистралью заземления, конструкциями для канализации кабелей и электропроводки, пожарной и охранной сигнализацией, входящими в комплект поставки зданий.

Основное оборудование инверторной станции:

– инвертор – 9 шт;

– РУ 0,8 кВ – 3 шкафа.

На проектируемом объекте устанавливаются инверторы типа SG250X.

Основные характеристики инвертора приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Основные технические параметры инвертора SG250X

Параметры	SG250HX
1	2
Вход (постоянный ток)	-
Максимальное входное напряжение фотоэлектрических панелей	1500 В
Минимальное входное напряжение фотоэлектрических панелей / пусковое входное напряжение	600 В / 600 В
Номинальное входное напряжение	1160 В
Диапазон напряжения в точке максимальной мощности	600 В–1500 В
Диапазон напряжения в точке максимальной мощности для номинальной мощности	860 В–1300 В
Количество независимых вводов точки максимальной мощности	12
Максимальное число входных разъемов на контролер отслеживания точки максимальной мощности (MPPT)	2
Максимальный входной ток солнечных панелей	26 А × 12
Максимальный ток на входном разъеме	30 А
Максимальный ток короткого замыкания в сети постоянного тока	50 А × 12
Максимальный обратный ток от инвертора к массиву	0 А
Выход (переменный ток)	-
Выходная мощность переменного тока	250 кВ·А при 30 °С / 225 кВ·А при 40 °С / 200 кВ·А при 50 °С
Максимальный переменный ток на выходе	180,5 А
Номинальный переменный ток 3 / защитное заземление,	800 В
Диапазон напряжения переменного тока	680–880 В
Номинальная частота сети/диапазон частоты сети	50 Гц / 45~55 Гц, 60 Гц / 55~65 Гц
Суммарный коэффициент гармонических искажений (СКГИ)	<3%(на номинальной мощности)
Ввод постоянного тока	< 0,5 % I _n
Коэффициент мощности	> 0,99
Регулируемый коэффициент мощности	0,8 опережающий — 0,8 отстающий
Фазы ввода / связь между фазами	3/3
КПД	
Макс. эффективность	99,0 %

Продолжение таблицы 4

1	2
Европейские стандарты производительности	98,8 %
Защита	
Защита от обратного подключения постоянного тока	Да
Защита от короткого замыкания переменного тока	Да
Защита от токов утечки	Да
Контроль сети	Да
Мониторинг замыкания на землю	Да
Выключатель постоянного тока/ выключатель переменного тока	Да / нет
Контроль тока в секции фотоэлектрических панелей	Да
Q в ночное время	Да
Защита от ПИД	Анти-ПИД или восстановление ПИД
Защита от перенапряжения	Постоянный ток, тип II / переменный ток, тип II
Общие данные	
Размеры (ширина × высота × глубина)	1051 × 660 × 363 мм (41,4" × 26" × 14,3")
Вес	95 кг (209,4 фунта)
Способ изоляции	Без трансформатора
Степень защиты	IP66 / NEMA 4X
Потребление мощности в ночное время	< 2 Вт
Рабочий диапазон температуры окружающей среды	От -30 до 60 °C (от -22 до 140 °F)
Допустимый диапазон относительной влажности (неконденсирующейся)	0–100 %
Способ охлаждения	Интеллектуальное принудительное воздушное охлаждение
Максимальная эксплуатационная высота над уровнем моря	4000 м (> 3000 м — снижение характеристик), 13 123 футов (> 9843 футов — снижение характеристик)
Дисплей	Светодиодный, Bluetooth + приложение
Связь	RS485 / опция: ПЛК
Тип разъема постоянного тока	Amphenol UTX (макс. 6 мм ² / 10 AWG)
Тип разъема переменного тока	Вывод ОТ/ДТ (макс. 300 мм ² 600 тыс. круг. мил)
Соответствие	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, IEC 61000-6-3, EN 50549, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013

Продолжение таблицы 4

1	2
Поддержка сети	Функция Q в ночное время, поддержание генераторного режима при провале/повышение напряжения сети, управление активной / реактивной мощностью и управление скоростью постепенного изменения мощности

Инвертор преобразует мощность, генерируемую ФЭМ с постоянного тока на переменный ток напряжением 0,8 кВ. В ИС предусмотрено распределительное устройство (РУ) 0,8 кВ, для приема электрической энергии от инверторов и ее передачи далее в КТП.

3.3 Комплектная трансформаторная подстанция

Комплектная однострансформаторная подстанция КТП 10/0,8/0,4 кВ служит для приема электрической энергии от ИС и СНЭ и ее передачи в сеть напряжением 6,3 кВ частотой 50 Гц. КТП выполнена изделием полной заводской готовности в виде блочно-модульного здания. Модульное здание оборудовано системами вентиляции, отопления, кондиционирования, рабочего и аварийного освещения, розеточной сетью, магистралью заземления, конструкциями для канализации кабелей и электропроводки, пожарной и охранной сигнализацией, входящими в комплект поставки зданий.

Основное оборудование КТП:

- Трансформатор трехобмоточный 6,3/0,8/0,4 кВ;
- РУ 0,8 кВ с коммутационными аппаратами;
- РУ 0,4 кВ с коммутационными аппаратами;
- ЩСН;
- АСУ и оборудование связи;
- Оборудование ИСБ;
- Система АСКУЭТ;

- Кабельная продукция от Т-1 до РУ 0,4 кВ и РУ 0,8 кВ;
- Другое оборудование, системы и материалы.

В КТП устанавливаются силовой трансформатор типа ТС-2500/6,3.

Основные характеристики трансформатора приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Основные технические параметры трансформатора ТС-2500/6,3

Технические характеристики	Значение параметра
1	2
Тип трансформатора	ТС-2500/6,3
Число фаз	3
Частота сети, Гц	50
Количество обмоток	3
Номинальная мощность обмоток, кВА:	
– ВН	2500
– СН	2500
– НН	800
Номинальное напряжение, кВ:	
– ВН	6,3
– СН	0,8
– НН	0,4
Схема и группа соединения обмоток	Д/У _Н /У _Н -11-11
Способ и диапазон регулирования	обмотка ВН: ПБВ ±2х2,5%
Ток холостого хода, % не более	см прим. 1
Напряжение короткого замыкания, %	
– ВН-СН	см прим. 1
– ВН-НН	
– СН-НН	
Потери холостого хода, кВт	см прим. 1
Потери короткого замыкания, кВт	см прим. 1
Климатические особенности:	
– климатическое исполнение	УХЛЗ
– высота установки, м	до 1000 м
– сейсмостойкость по MSK-64	5
Степень защиты по ГОСТ 14254-2015	IP00
Наличие блока контроля температуры	ДА
Дополнительная комплектация:	
– поворотные катки	ДА
– дополнительная вентиляция	нет
– виброгасящие подкладки	нет
Масса, кг	см прим. 1
Требования к габаритным размерам: Трансформатор устанавливается в КТП. Размеры камеры трансформатора не более: 4000×2300×2300 мм (Д×Ш×В)	
Исполнение вводов и количество трансформаторов: Предусмотреть возможность подключения кабелей к обмоткам трансформатора в количестве: ВН - 1×3×АПвПу-×Л 1×120/25-6; СН - 2×АВВГнг(А)-×Л-1 4×240; НН - 4×ВВГнг(А)-×Л-1 4×240	

В КТП установлен щит собственных нужд ЩСН АГЭУ. С шин ЩСН питаются все системы проектируемого объекта.

Автоматизированная система управления (АСУ) размещается в шкафу в КТП, многофункциональные преобразователи. АСУ предназначено для измерения параметров оборудования главной схемы объектов генерации и распределения, сбора технологической информации и передачи ее на верхний уровень SCADA.

АСУ состоит из подсистем сбора информации, синхронизации системного времени, хранения и передачи информации, системы сбора и передача телеинформации о состоянии и режимах работы электрооборудования, выполняет функции передачи голосовой информации, запись переговоров и хранение записей, передачи оперативно-технологической информации, подачи оперативных уведомлений о составе и параметрах технологического генерирующего оборудования, Сбор и передача информации об аварийных событиях и процессах. Подсистема сбора информации включает многофункциональные измерительные преобразователи, модули дискретного ввода/вывода, преобразователи интерфейса RS-485, контроллеры АСУ.

3.4 Система накопления энергии (СНЭ)

СНЭ выполнено изделием полной заводской готовности в виде блочно-модульного здания. Модульное здание оборудовано системами вентиляции, отопления, кондиционирования, рабочего и аварийного освещения, розеточной сетью, магистралью заземления, конструкциями для канализации кабелей и электропроводки, пожарной и охранной сигнализацией, входящими в комплект поставки зданий.

Система накопления электрической энергии выполнена на базе литий-ионных аккумуляторных батарей, электрической мощностью 800 кВА,

номинальной энергоемкостью 445 кВт·ч, напряжением 0,4 кВ, в блочно-модульном исполнении.

Таблица 6 — Основные технические параметры СНЭ

Параметр	Значение
1	2
Номинальное напряжение, кВ	0,4
Номинальная мощность, кВА	800
Номинальная энергоёмкость, кВт*ч	445
Тип накопителей электрической энергии	Литий-железо-фосфатные аккумуляторы
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Время реакции (максимальная длительность провала напряжения на нагрузке при переходе в автономный режим), мс, не более	5
КПД, %, не менее	94
Срок службы при глубине разряда 80 %, циклов	3000
Коэффициент гармонических искажений выходного напряжения, %, не более	2
Диапазон напряжения в звене постоянного тока, В	680–850
Перегрузочная способность длительная, %, не менее	110
Перегрузочная способность в течение 10 мин, %, не менее	150
Максимальный ток короткого замыкания	1,65 Ином
Охлаждение	Принудительное воздушное
Конструктивное исполнение	Блочно-модульное
Вид климатического исполнения по ГОСТ 15150	УХЛ1
Высота установки над уровнем моря, м, не более	1 000
Сейсмостойкость по шкале MSK-64, баллов, не менее	9
Масса контейнера 20 футов, т, не более	20
Габаритные размеры контейнера 20 футов, мм, не более:	длина 6 058, ширина 2 438, высота 2 896
Количество контейнеров	1

СНЭ включает в свой состав следующие подсистемы:

а) Основная подсистема:

- 1) Подсистема преобразования энергии;
- 2) Подсистема накопления;

б) Подсистема контроля и управления:

- 1) Подсистема управления;
- 2) Коммуникационная подсистема;
- 3) Подсистема защиты;

в) Вспомогательная подсистема;

1) Стыковочный вывод.

Применение СНЭ на проектируемом объекте позволяет:

- повысить эффективность генерации энергии и интеграции в энергосистему (обеспечивает небаланс, обусловленный неравномерной выработкой электроэнергии ФЭМ);
- обеспечить высокоманевренный резерв мощности (частично заменить собой генераторные агрегаты вращающегося или холодного резерва);
- компенсировать нерегулярные колебания мощности в энергосистеме;
- обеспечить бесперебойное питание нагрузки;
- обеспечить оптимальный режим работы генераторных установок, снизить расход топлива, увеличить моторесурс;
- изменить график нагрузки (снизить максимальную мощность, сдвинуть пик потребления во времени).

Разработку технических решений по СНЭ, определение основного оборудования и комплектующих выполняет поставщик СНЭ и согласовывает с Техническим заказчиком и подрядной организацией.

3.5 Реклоузер 6 кВ

Проектом предусмотрена установка реклоузера 6 кВ выступает в качестве коммутационного аппарата, структура которого характеризуется силовым вакуумным выключателем в наружном исполнении, когда отмечается интегрированная система, в соответствии с которой измеряются токи и напряжения, наличие микропроцессорного шкафа управления, у которого достаточно продвинутые функции.

Задача системы, которая накапливает электрическую энергию, накапливать, хранить электрическую энергию и отдавать ее к сети или нагрузки, чтобы энергосистема функционировала достаточно стабильно,

повысить эффективность работы и обеспечить требуемое качество, которым обладает электрическая энергия [11].

Реклоузер устанавливается на территории АГЭУ. Совместно с реклоузером на стойках устанавливается оборудование 6 кВ для осуществления переключений и организации работы РЗА и систем АСУ, АСКУЭ. Перечень оборудования приведен в таблице 7.

Таблица 7 — Оборудование 6 кВ и его характеристики

Оборудование	Кол-во
1	2
Коммутационный модуль OSM15_A1_1 (со встроенной комбинированной системой измерения) I ном = 630А; I ном. откл. = 12,5 кА; I дин = 32 кА; Кол-во операций вкл(откл) ном. тока = 30000 Тип привода - электромагнитный; Клим. исп. - УХЛ1	1
Шкаф управления TER_RecUnit RC5_3	1
Шкаф учета электроэнергии со счетчиком Меркурий 234 ART2-00 Р TER_RecComp_MP_1	1
Трансформатор тока измерительный ТОЛ 10-Ш-2-0,5S/10P 300/5 УХЛ1 Параметры вторичной обмотки для РЗА: Кл. точн 10P; Kтт=300/5; Sном - 15 ВА; Kном -10	3
Трансформатор напряжения измерительный НОЛ-6 Ш УХЛ-1; 6000/100; 0,5 75	2
Трансформатор собственных нужд ОЛ-1.25/6-01-IVУХЛ1, U1=6000В, U2=127В	1
Ограничитель перенапряжений ОПН-РВ/TEL-6/7,6/5/250 УХЛ1	6
Разъединитель РЛК.2-10IV/400 УХЛ1, с ручным приводом	2

Оборудование 6 кВ поставляется в комплекте с монтажными конструкциями и кронштейнами.

3.6 ЛЭП 6 кВ

Выдача мощности, генерируемой АГЭУ, предусматривается по проектируемой воздушной линии 6 кВ, выполненной защищенным проводом (ВЛЗ 6кВ) от КТП проектируемого объекта до распределительного устройства КРУ 6,3 кВ ДЭС-1.

Проектируемая линия начинается на территории АГЭУ. Участок от реклоузера 6 кВ до первой опоры ВЛЗ 6 кВ выполнен кабелем, проложенным по эстакаде [12].

Последняя опора ВЛЗ 6 кВ расположена у ДЭС-1. Подключение к шинам КРУ 6,3 кВ ДЭС-1 осуществляется в существующих ячейках №№ 6, 10. Для этого на двух последних опорах установлены разъединители-выключатели нагрузки вакуумные РВНВ-10/630 УХЛ1 «Вершина». Они предназначены для выполнения коммутационных операций включения и отключения ВЛЗ 6 кВ, а также создания видимого разрыва и заземления отключенного участка встроенным заземлителем. Заход в помещение КРУ 6,3 кВ выполнен кабелем, на участке от опор ВЛЗ до здания ДЭС-1 кабель прокладывается по эстакаде.

Мощность, генерируемая АГЭУ, может выдаваться на 1 или на 2 секцию шин, КРУ 6,3 кВ ДЭС-1, параллельная работа на обе секции проектом не предусматривается.

Климатические условия и основные технико-экономические показатели приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Основные характеристики и климатические условия ВЛ

Наименование характеристики	Значение
Тип объекта ВЛЗ	6 кВ
Вид строительства	новое
Район климатических условий	III / III
- район по ветру (ПУЭ-7)	650 Па (III)
- район по гололеду (ПУЭ-7)	20 мм (III)
Число грозových часов	20-40
Район по загрязненности атмосферы	II
Технико-экономические показатели	
Протяженность	840 м
Количество цепей	1
Количество пересечений (переходов), шт	10

Опоры проектируемой ВЛ приняты по типовому проекту шифр 26.0004 «Деревянные опоры ВЛ 6-10 кВ с защищенными проводами с анкерно-угловыми опорами с оттяжками».

Тип применяемых изоляторов: для натяжных изолирующих подвесок – ПС70Д; в качестве опорных изоляторов – ШФ-20Г.

Количество опор, провода приведено в таблице 9.

Таблица 9 – Количество опор ВЛ

Наименование	Кол-во
Переходная анкерная опора ПА10-1Д	4
Угловая анкерная опора УА10-1Д	1
Промежуточная опора П10-3Д	12
Переходная промежуточная опора ПП10-1Д	6
Угловая промежуточная опора УП10-1Д	1
Провод защищенный СИП-3 1х95-20, км	2,80

3.7 Кабельное хозяйство

На проектируемом объекте, в сети постоянного тока ФЭМ-ИС, предусматривается использования кабеля типа TOPSOLAR PV ZZ-F. Этот тип кабеля предназначен для соединения фотоэлектрических модулей, а также в качестве кабелей-удлинителей для соединения отдельных модулей с преобразователем постоянного тока в переменный на солнечных электростанциях с системным напряжением DC макс. до 1800 В. Кабель стойкий к УФ-излучению.

Особенностью данного объекта заключается в том, что территория строительства относится к районам распространения вечной мерзлоты. Многолетнемерзлые грунты на площадке объекта имеют сплошное распространение, которые представлены на некоторых участках глиной и суглинками.

Данные грунты относятся к пучинистым. В соответствии с ПУЭ [14], прокладка кабелей в районах многолетней мерзлоты в пучинистых и просадочных грунтах недопустима.

Для прокладки кабеля по территории АГЭУ предусмотрено строительство кабельной эстакады. Конструкция кабельной эстакады представляет собой металлические стойки с ригелями (прогонами).

На ригели/прогоны устанавливаются кабельные стойки и полки с шагом 1 м при прокладке кабелей по полкам, 2 м при прокладке кабелей в лотках. В соответствии с ПУЭ, контрольные и силовые кабели всех исполнений сечением 16 мм² и менее следует прокладывать по лоткам.

Для исключения воздействия снеговой нагрузки на элементы эстакады и электромонтажные кабельные изделия в проекте предусмотрено использование металлических снегозащитных крышек для лотков.

Распределение кабельного потока по сечению эстакады должно быть выполнено таким образом, что на верхней полке должен быть установлен лоток со снегозащитной крышкой.

3.8 Расчет выработки электрической энергии ФЭС

Выработка электроэнергии от фотоэлектрической установки. Количество произведенной электроэнергии одним модулем за сутки:

$$W_{\text{мод.сут.}} = K_p \cdot T_{\text{сол.сут.}} \cdot P_{\text{пик.}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{мод.сут.}}$ – выработка электроэнергии одним модулем за сутки, Вт;

K_p – коэффициент использования пиковой мощности фотоэлектрического модуля;

$T_{\text{сол.сут.}}$ – количество пиковых солнце часов, час·сут.;

$P_{\text{пик}}$ – пиковая мощность единичного модуля, Вт.

Количество пиковых солнце часов определяется по формуле:

$$T_{\text{сол.сут.}} = \frac{t_{\text{ср.}j}}{n_j} \cdot K_{\text{н.сс}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{сол.сут.}}$ – количество пиковых солнце часов, час·сут;

$t_{\text{ср.}j}$ – среднегодовая продолжительность солнечного сияния в j -ом месяце, ч · мес.;

n_j – количество дней в j -ом месяце, шт.;

$K_{\text{н.сс}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность солнечного сияния, усл.ед.

Количество произведенной за j -й месяц фотоэлектрической установкой электроэнергии, кВт ·ч:

$$W_j = W_{\text{мод.сут.}} \cdot n_j \cdot n_{\text{ФЭМ}}, \quad (3)$$

где W_j – выработка электроэнергии ФЭУ за j -й месяц, Вт;

$W_{\text{мод.сут.}}$ – выработка электроэнергии одним модулем за сутки, Вт;

n_j – количество дней в j -ом месяце, шт.;

$n_{\text{ФЭМ}}$ – общее количество модулей, шт.

Результаты расчетов выработки электрической энергии ФЭС с панелями типа GCLM3/72GDF 405 Вт представлены в таблице 10 и на рисунке 2.

Результаты расчетов выработки электрической энергии ФЭС с панелями типа GCLM3/72GDF 400 В представлены в таблице 11 и на рисунке 3..

Таблица 10 – Результаты расчетов выработки электрической энергии типа панелей GCLM3/72GDF 405 Вт в п.Тура

Месяц	Количество дней	$t_{\text{ср.}j}$, ч · мес.	$T_{\text{сол.сут}}$	$T_{\text{сол.мес}}$	$W_{\text{сут}}$, Вт ·ч.	$W_{\text{мес}}$, Вт ·ч.	$W_{\text{ФЭС}}$, кВт ·ч.	$W_{\text{потр}}$, кВт ·ч.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
январь	31	4	0,13	4	52,26	1620	7931,52	5580000,00
февраль	28	64	2,29	64	925,71	25920	126904,32	4941600,00
март	31	171	5,52	171	2234,03	69255	339072,48	2604000,00
апрель	30	229	7,63	229	3091,50	92745	454079,52	1944000,00
май	31	234	7,55	234	3057,10	94770	463993,92	1190400,00

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
июнь	30	255	8,50	255	3442,50	103275	505634,40	936000,00
июль	31	278	8,97	278	3631,94	112590	551240,64	967200,00
август	31	180	5,81	180	2351,61	72900	356918,40	967200,00
сентябрь	30	102	3,40	102	1377,00	41310	202253,76	1152000,00
октябрь	31	67	2,16	67	875,32	27135	132852,96	2008800,00
ноябрь	30	26	0,87	26	351,00	10530	51554,88	2376000,00
декабрь	31	0,1	0,00	0,1	1,31	40,5	198,29	5282400,00
Год	365	1610,1	4,41	1610,1		652090,5	3192635,09	29949600,00

Таблица 11 – Результаты расчетов выработки электрической энергии типа панелей GCLM3/72GDF 400 Вт в п.Тура

Месяц	Кол-во дней	$t_{ср.ж}, \text{ч} \cdot \text{мес.}$	$T_{сол.сут}$	$T_{сол.мес}$	$W_{сут}, \text{Вт} \cdot \text{ч.}$	$W_{мес}, \text{Вт} \cdot \text{ч.}$	$W_{ФЭС}, \text{кВт} \cdot \text{ч.}$	$W_{потр}, \text{кВт} \cdot \text{ч.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
январь	31	4	0,13	4	51,61	1600	1996,80	5580000,00
февраль	28	64	2,29	64	914,29	25600	31948,80	4941600,00
март	31	171	5,52	171	2206,45	68400	85363,20	2604000,00
апрель	30	229	7,63	229	3053,33	91600	114316,80	1944000,00
май	31	234	7,55	234	3019,35	93600	116812,80	1190400,00
июнь	30	255	8,50	255	3400,00	102000	127296,00	936000,00
июль	31	278	8,97	278	3587,10	111200	138777,60	967200,00
август	31	180	5,81	180	2322,58	72000	89856,00	967200,00
сентябрь	30	102	3,40	102	1360,00	40800	50918,40	1152000,00
октябрь	31	67	2,16	67	864,52	26800	33446,40	2008800,00
ноябрь	30	26	0,87	26	346,67	10400	12979,20	2376000,00
декабрь	31	0,1	0,00	0,1	1,29	40	49,92	5282400,00
Год	365	1610,1	4,41	1610,1	-	644040	803761,92	29949600,00

Анализируя представленные в таблице 10 и 11 данные, можно сделать вывод: произведенная системой электрическая энергия перекроет потребность в электрической энергии в течение года на 13.34 %, что позволит экономить на дизельном топливе.

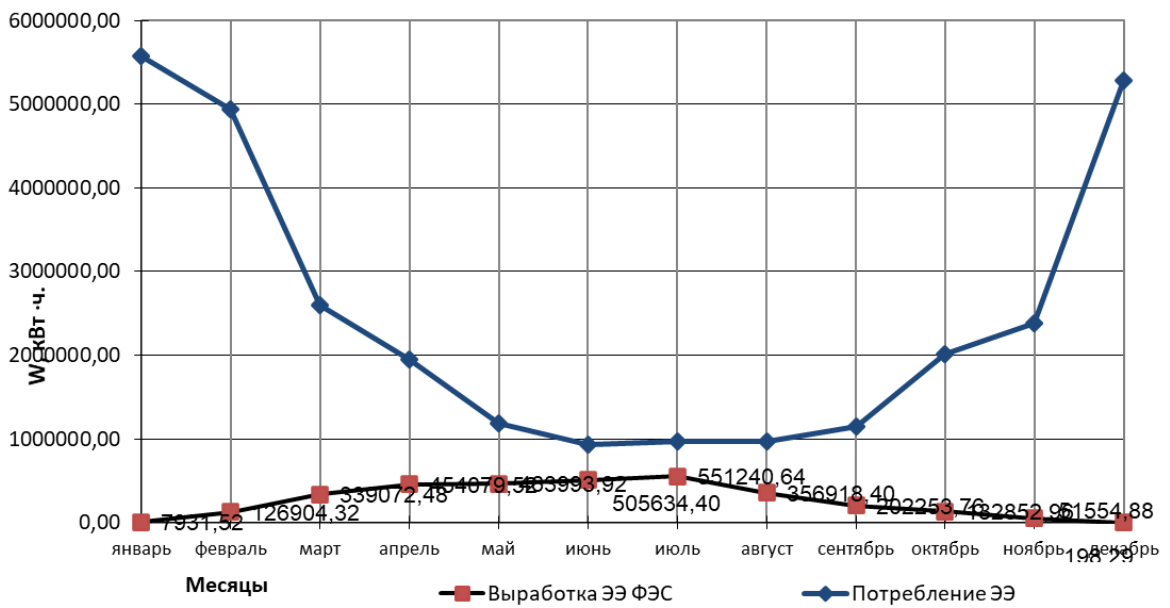


Рисунок 2 – Годовая выработка электрической энергии ФЭМ типа панелей GCLM3/72GDF 405 Вт и энергопотребление п.Тура

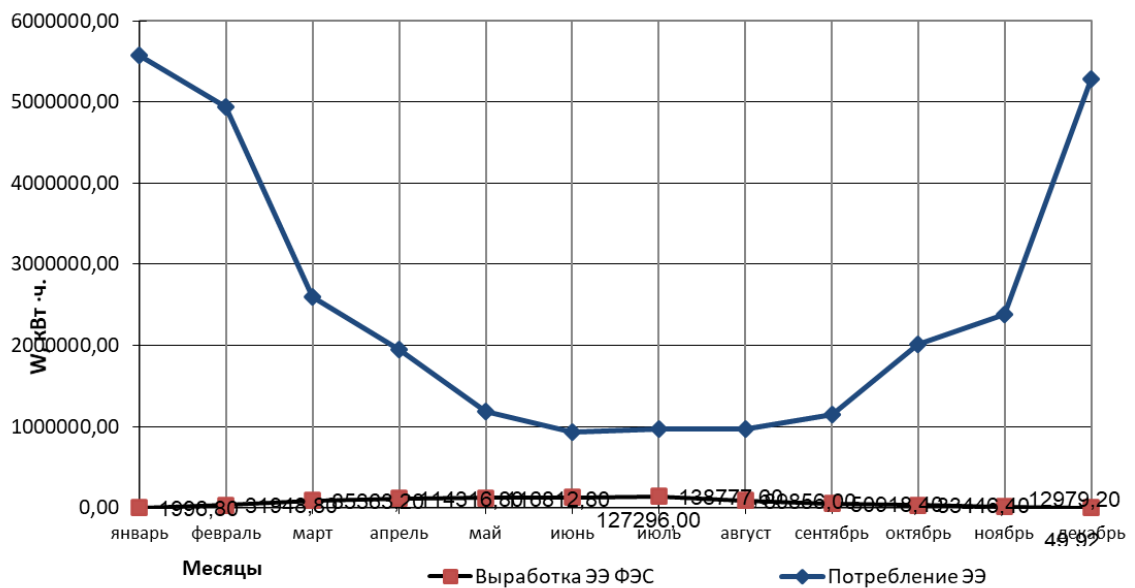


Рисунок 3 – Годовая выработка электрической энергии ФЭМ типа панелей GCLM3/72GDF 400 Вт и энергопотребление п.Тура

4 Система энергообеспечения п. Тура

После изучения накопленного опыта в том, как используются возобновляемые источники энергии, с оценкой природных климатических характеристик, которые присущи рассматриваемому в настоящем исследовании региону, следует сделать вывод о том, как применяются те или иные возобновляемые источники энергии.

Энергообеспечение п.Тура будет осуществляться с помощью возобновляемого источника АГЭУ с возможностью резервирования электроэнергии с помощью системы накопления только в дневное время суток и так же от дизельных электростанций, от единого энергетического ввода. Все устройства заземления зданий, сооружений и оборудования объединены с устройством уравнивания потенциалов не менее чем в двух точках.

ФЭС вырабатывает электрическую энергию постоянного тока, инверторная станция преобразует постоянный ток в переменный напряжением 0,8 кВ, затем с помощью распределительного устройства (РУ) 0,8 кВ, далее в КТП.

При невысокой потребляемой мощности осуществляется передача вырабатываемой энергии.

В случае, если потребляемая мощность невысока, вырабатываемая энергия от автономных гибридных электроустановок, поступает в соответствии с тем, чтобы накопить электрическую энергию через то, что заряжаются аккумуляторные батареи.

Система работает в соответствии с количеством потребителей и мощностью, подключенной к ней, временем года (зимой или летом), временем суток.

На основании погодных условий осуществляется определение условий работы.

5 Заземление и молниезащита

Заземление всех блочно-модульных зданий выполнено горизонтальным заземлителем - полосой оцинкованной 40x5мм. Металлические опорные конструкции под установку фотоэлектрических модулей являются естественными заземлителями. Заземляющие устройства запроектированы по норме на допустимое сопротивление растеканию тока.

По всей площади объекта выполнено выравнивание потенциалов из стальной полосы горячекатаной 40x5мм, проложенной в траншее на глубине 1 м. Для уравнивания потенциалов крайние опорные конструкции под установку фотоэлектрических модулей каждого ряда соединены стальной полосой с контуром уравнивания потенциалов АГЭУ. В рядах все опорные конструкции соединены двумя перемычками из провода ПВ-1 6мм². Для присоединения провода предусмотрены отверстия в рамках ФЭМ.

Все устройства заземления зданий, сооружений и оборудования объединены с устройством уравнивания потенциалов не менее чем в двух точках [15].

Все металлические части оборудования, нормально не находящиеся под напряжением, заземлены путем присоединения к заземляющему контуру стальной оцинкованной полосой 40x5мм (не менее, чем в двух точках).

Заземляющее устройство, которое должно иметь в любое время года сопротивление не более 2 Ом с учетом сопротивления естественных и искусственных заземлителей (ПУЭ, 1.7.101) [14], запроектировано из продольных и поперечных заземлителей прямоугольного сечения 40x5 мм, уложенных на глубине 1 м, и вертикальных заземлителей из круглой стали диаметром 18 мм длиной 5 м.

Материал горизонтальных и вертикальных заземлителей а также проводников системы уравнивания потенциалов, проложенных в земле, принят коррозионностойким - сталь горячего цинкования, в соответствии с ГОСТ Р 50571.5.54-2013.

Система заземления в сети до 1 кВ принята TN-C-S (нулевой рабочий и нулевой защитный проводники совмещены на участке от Т1-2,5 до РУ 0,8кВ в ИС и РУ 0,4 в КТП) [19].

Для выравнивания потенциалов вокруг блочно-модульных зданий КТП, ИС, СНЭ на расстоянии 0,8-1 м от фундаментов зданий и на глубине 0,8-1 м предусмотрена прокладка горизонтального заземлителя, присоединенного в двух местах к заземляющему устройству АГЭУ.

В качестве главной заземляющей шины (ГЗШ) в блочно-модульных зданиях КТП, ИС, СНЭ используется шина РЕ щита(шкафа) собственных нужд переменного тока.

Внутренний контур заземления КТП, ИС, СНЭ поставляется комплектно с блочно-модульным зданием промышленного изготовления.

К внутреннему контуру заземления должно быть присоединено все электрооборудование, металлические части шкафов, расположенных внутри зданий, которые могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции, а также шина РЕ системы собственных нужд переменного тока.

Экраны контрольных кабелей заземляются с обеих сторон. Присоединение экранов кабелей к контуру заземления выполняется в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя кабелей.

Молниезащита блочно-модульных зданий выполнена в соответствии с РД 34.21.122-87 и СО 153-34.21.122-2003.

В качестве молниеприемников КТП, ИС, СНЭ используется металлическая кровля здания, в качестве токоотводов металлический каркас.

В качестве токоотводов предусмотрены опуски, из стальной проволоки диаметром 8 мм, проложенной по фасадам зданий, выполненные не менее чем в двух точках. Токоотводы присоединяются к контуру повторного заземления.

Для молниезащиты реклоузера и оборудования 6 кВ установленного на стойках предусмотрен отдельно стоящий молниеотвод.

6 Технико-экономическое обоснование

6.1 Общие сведения

Чтобы проанализировать то, насколько эффективно использовать автономные гибридные электроустановки в соответствии с электроснабжением поселка Тура, требуется проведение технических экономических расчетов электроснабжения.

Чтобы сформировать новые источники электроснабжения, требуется трата материальных, трудовых, финансовых ресурсов. Система с данными затратами выступает в качестве капиталовложений [17]. Капиталовложения определяются по размеру в соответствии с составленными локальными и объектными сметами.

В соответствии с представленной далее методикой осуществляется проведение расчета себестоимости 1кВт·ч электроэнергии, которая получена в результате рассматриваемой фотоэлектронной установки.

6.2 Расчет себестоимости 1кВт·ч электроэнергии от АГЭУ

Так как электроснабжение п. Тура будет осуществляться от ФЭС и ДЭС, рассчитаем экономию дизельного топлива в период работы ФЭС.

Себестоимость электрической энергии будет зависеть от издержек на амортизацию, текущий ремонт и обслуживание затраченных в течение года и выработанной электроэнергии за год, которая зависит от количества световых дней, преобладающих в рассматриваемом районе [18].

Рассчитаем себестоимость 1кВт·ч электроэнергии для ФЭС.

Расчёт себестоимости электроэнергии начнём с расчёта капиталовложений:

Капиталовложения в рассматриваемом варианте определяются по формуле:

$$K=K_y+K_d+K_m+K_{пн}+K_{пр} \quad (4)$$

где K_y – цена оборудования для ФЭС, равная 405300 т. р.;

K_d – стоимость доставки, т. р.;

K_m – стоимость монтажа, т. р.;

$K_{пн}$ – стоимость пусконаладочных работ, т. р.;

$K_{пр}$ – прочие единовременные затраты, т. р.

Стоимость ФЭС составляет 405,3 млн. р., в нее входит следующее оборудование:

- а) комплектная трансформаторная подстанция 2500 кВА, КТПНУ-ТВК-2500/6,3/0,4-20 АСМГ.674800.002.20062, (ООО «НПО «Сибэлектрощит» г. Омск), 1 шт.;
- б) инверторная станция 2500 кВА, БМИС-Т-2500/0,8/0,4 УХЛ1, АСМГ.674800.010.20068, (ООО «НПО «Сибэлектрощит» г. Омск), 1 шт.;
- в) система накопления энергии 800 кВА, 450 кВт·ч, БНЭК-0,4-800/449-449, (ООО «Системы накопления энергии», г. Новосибирск), 1 шт.;
- г) выключатель нагрузки с одним заземляющим ножом ручным приводом, наружной установки 10 кВ, 630 А, РВНВ-10/630 УХЛ1, (ООО «НПО ПЛАМ» г. Москва), 2 шт.;
- д) ограничитель перенапряжений, ОПН-РВ/TEL-6/7,6/5/250 УХЛ1, Таврида Электрик, 9 шт.;
- е) трансформатор тока измерительный проходной, параметры вторичной обмотки для РЗА: Кл.точн - 10Р; $K_{тт}=300/5$; $S_{ном}=15$ ВА; $K_{ном} - 10$, ТПОЛ-10М-2 0,5S/10Р 300/5, 6 шт.;
- ж) датчик тока нулевой последовательности, CSH-120, Schneider Electric, 2 шт.;
- з) реклоузер 6 кВ в составе: OSM15_A1_1, 1 шт.:
 - коммутационный модуль OSM15_A1_1 (со встроенной комбинированной системой измерения), $I_{ном} = 630$ А; $I_{ном. откл.}$

- = 12,5 кА; I дин = 32 кА, Кол-во операций вкл(откл) ном. тока = 30000, Тип привода - электромагнитный; Клим. исп. - УХЛ1, (Таврида Электрик), 1 шт.;
- шкаф управления TER_RecUnit_RC5_3, (Таврида Электрик), 1 шт.
 - шкаф учета электроэнергии со счетчиком Меркурий 234 ART2-00P TER_RecComp_MP_1, (Таврида Электрик), 1 шт.;
 - трансформатор тока измерительный, параметры вторичной обмотки для РЗА: Кл. точн 10Р; Ктт=300/5; Sном - 15 ВА; Кном - 10, ТОЛ 10-III-2-0,5S/10P 300/5 УХЛ1, (СЗТТ), 3 шт. [9];
 - трансформатор напряжения измерительный НОЛ-6 III УХЛ-1; 6000/100; 0,5 75, (СЗТТ) 2 шт. [10];
 - трансформатор собственных нужд, U1=6000В, U2=127В, ОЛ-1.25/6-01-IVУХЛ1, (СЗТТ) 1 шт.;
 - ограничитель перенапряжений, ОПН-РВ/TEL-6/7,6/5/250 УХЛ1, (Таврида Электрик), 6 шт.;
 - разъединитель с двумя ЗН, с ручным приводом, РЛК.2-10IV/400 УХЛ1, (ЗЭТО), 2 шт.;
 - монтажный комплект коммутационного модуля на металлоконструкции, 1 шт.;
 - монтажный комплект для шкафа управления, 1 шт.;
 - монтажный комплект для шкафа учета, 1 шт.;
 - монтажный комплект разъединителя, 2 шт.;
 - комплект тяг к ручному приводу разъединителя, 2 шт.;
- и) фотоэлектрический модуль двусторонний (бифокальный) 405 Вт, GCL-M3/72GDF-405, 4896 шт.;
- к) фотоэлектрический модуль двусторонний (бифокальный) 400 Вт, GCL-M3/72GDF-400, 1248 шт.;
- л) опорные конструкции на 24 фотоэлектрических модуля (4 ряда по 6 модулей, альбомное расположение, габариты 12,3 х 4,2 м), 256 шт.;

- м) кабель силовой с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридных композиций, не распространяющий горение при групповой прокладке в холодостойком исполнении, на напряжение 6 кВ, - три алюминиевые жилы сечением 240 АВВГнг(А)-ХЛ-6 3x240, ГОСТ Р 55025-2012, 300 м;
- н) кабель силовой с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридных композиций, не распространяющий горение при групповой прокладке в холодостойком исполнении, на напряжение 1 кВ, ГОСТ Р 55025-2012: - одна медная жила сечением 240 мм², ВВГнг(А)-ХЛ-1 1x240, 540 м, - четыре медные жилы сечением 185 мм², ВВГнг(А)-ХЛ-1 4x185, 65 м;
- о) коннектор для солнечных панелей, одинарный (комплект 2шт: MALE/FEMALE), MC4, 6672 компл.;
- п) коннектор для солнечных панелей, двойной, с предохранителем 15А (комплект 2шт: MALE/FEMALE), MC4-Y, FUSE 15А, 50 компл.;
- р) коннектор для солнечных панелей, одинарный, с предохранителем 15А (комплект 2шт: MALE/FEMALE), MC4, FUSE 15А, 50 компл.;
- с) лоток металлический лестничный, прямая секция, L=2.0м, гор.цинк, НЛ-40-П 1,87-10 ХЛ 1,5 (Н=100мм), 630 шт.;
- т) крышка снегозащитная для металлического лотка шириной 400 мм, гор.цинк, 800 м;
- у) стойка кабельная, гор. цинк, L=600мм, s=2,5мм, К1151 ХЛ1,5, 480шт.;
- ф) стойка кабельная, гор. цинк, L=800мм, s=2,5мм, К1152 ХЛ1,5, 60шт.;
- х) стойка кабельная, гор. цинк, L=1200мм, s=2,5мм, К1153 ХЛ1,5, 60шт.;
- ц) полка кабельная, гор. цинк, l=430 мм, s=2,0 мм, К1163 ХЛ1,5, 1150шт.;
- ш) скоба, гор. цинк, К1157 ХЛ1,5, 1200 шт.

Стоимость доставки составляет 3% от стоимости ФЭС:

$$K_d = 4053000 \cdot 0,03 = 12159 \text{ т. р.}$$

Стоимость монтажа составляет 4% и пусконаладочных работ – 3% от стоимости ФЭС:

$$K_m = 405300 \cdot 0,04 = 16212 \text{ т. р.},$$

$$K_{пн} = 405300 \cdot 0,03 = 12159 \text{ т. р.}$$

Прочие единовременные затраты составят 5% от вышеприведенных затрат, которые будут включать в себя заранее непредвиденные расходы, которые могут возникнуть в ходе вышеперечисленных мероприятий.

$$K_{пр} = (405300 + 12159 + 16212 + 12159) \cdot 0,05 = 22291,5 \text{ т. р.}$$

Тогда согласно формуле (4) капиталовложения составят:

$$K = 405300 + 12159 + 16212 + 12159 + 22291,5 = 468121,5 \text{ т. р.}$$

Стоимость эксплуатационных затрат определяется по формуле:

$$I_{\text{ЭКС}} = I_{\text{АМ}} + I_{\text{ТР}} + I_{\text{ОТ}} + I_{\text{ПР}}, \quad (5)$$

где $I_{\text{АМ}}$ - амортизационные отчисления, р./г;

$I_{\text{ТР}}$ - отчисления на текущий ремонт, р./г;

$I_{\text{ОТ}}$ - издержки на оплату труда с отчислениями на социальные нужды, р./г.;

$I_{\text{ПР}}$ - прочие затраты.

Амортизационные отчисления учитывают возмещение основных производственных фондов в процессе износа оборудования и определяются по формуле:

$$I_{AM} = K \cdot \alpha, \quad (6)$$

где K – капиталовложения,

α - норма амортизационных отчислений для ФЭС составляет 4%:

$$I_{AM} = 468121,5 \cdot 0,04 = 18724,86 \text{ т. р./г.}$$

Отчисления на текущий ремонт определяются по формуле:

$$I_{TR} = K \cdot k_{TR}, \quad (7)$$

где k_{TR} – норма отчислений на текущий ремонт для ФЭС составляет 3%,

$$I_{TR} = 468121,5 \cdot 0,03 = 14043,65 \text{ т. р./г.}$$

Издержки на оплату труда включают в себя заработную плату, исчисленную исходя из почасовой оплаты труда, отчисления на социальные нужды и определяются по формуле:

$$I_{OT} = \frac{TC \cdot t + TC \cdot t \cdot CB}{1000}, \quad (8)$$

где TC - тарифная ставка электромонтера, обслуживающего ФЭС, равная 1005 р./ч.;

t – фонд рабочего времени, необходимого на обслуживание ФЭС, равный 87,5 ч/г.;

CB - отчисления на социальные нужды, равные 30,2%.

$$I_{OT} = \frac{1005 \cdot 87,5 + 1005 \cdot 87,5 \cdot 0,302}{1000} = 114,49 \text{ т. р./г.}$$

Прочие затраты составляют 10% от выше перечисленных I_{AM} , I_{TR} , I_{OT} и определяются по формуле:

$$I_{\text{ПР}}=(I_{\text{АМ}}+I_{\text{ТР}}+I_{\text{ОТ}})0,1, \quad (9)$$

$$I_{\text{ПР}}=(18724,86 +14043,65+114,49)0,1=3288,30 \text{ т. р./г.}$$

Тогда эксплуатационные издержки будут равны, формула (5):

$$I_{\text{ЭКС}}=18724,86+14043,65+114,49+3288,30=36171,29 \text{ т. р./г.}$$

Результаты, полученные при расчете основных затрат для установки и эксплуатации ФЭС, приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Основные технико-экономические показатели

Показатель	Величина
1. Капиталовложения, т. р.	468121,5
в том числе: стоимость оборудования для ФЭС, т. р.	405300
стоимость доставки, т. р.	12159
стоимость монтажа, т. р.	16212
стоимость пусконаладочных работ, т. р.	12159
прочие единовременные затраты, т. р.	22291,5
2. Эксплуатационные издержки, т. р.	36171,29
в том числе: амортизационные отчисления, т. р.	18724,86
отчисления на текущий ремонт, т. р.	14043,65
издержки на оплату труда с отчислениями на социальные нужды, т. р.	114,49
прочие отчисления, т. р.	3288,30

Зная все составляющие, себестоимость 1кВт·ч электроэнергии, произведенной от ФЭС, определяется по формуле:

$$C_{1\text{кВ}\cdot\text{ч}}= 1000 \cdot I_{\text{ЭКС}}/W_{\text{год}}, \quad (10)$$

где $W_{\text{год}}$ – годовая выработка электроэнергии от ФЭС, кВт·ч. Годовая выработка электроэнергии от ФЭС, определена в третьей главе. Выработка электроэнергии в поселке Тура составит 3 996 397,01 кВт·ч (выработка электрической энергии типа панелей GCLM3/72GDF 405 Вт в п.Тура - 3 192 635,09 кВт·ч; выработка

электрической энергии типа панелей GCLM3/72GDF 400 Вт в п.Тура - 803 761,92 кВт·ч), при годовом потреблении электроэнергии 29 949 600 кВт·ч.

$$C_{1\text{кВт}\cdot\text{ч}} = 1000 \cdot 36171,29 / 3996397,01 = 9,05 \text{ р./кВт}\cdot\text{ч}.$$

Себестоимость произведенной электроэнергии от ФЭС составит 9,05р./кВт·ч.

Общее годовое потребление составляет 29 949 600 кВт, выработка ФЭС – 3 996 397 кВт, разница необходимой к потреблению электроэнергии компенсируется за счет работы дизельных электростанций.

$$W_{\text{недов.}} = 29\,949\,600 - 3\,996\,397 = 25\,953\,203 \text{ кВт}.$$

Базовый удельный расход дизельного топлива (ДТ) на 1 кВт·ч составляет 0,3 кг.

Стоимость 1 кг ДТ с учетом транспортировки составляет 71,49 руб. (2022 г.).

Дизельные электростанции до ввода в эксплуатацию ФЭС вырабатывают весь объем электроэнергии, необходимый для покрытия потребности поселка Тура, то есть 29 949 600 кВт.

Дизельными электростанциями после реализации АГЭУ необходимо выработать 25 953 203 кВт электроэнергии.

Расход ДТ до реализации АГЭУ и после реализации АГЭУ составит:

$$\text{Расход}_{\text{ДТДЭС}} = 29\,949\,600 \cdot 0,3 = 8\,984\,880,00 \text{ кг},$$

$$\text{Расход}_{\text{ДТФЭС}} = 25\,953\,203 \cdot 0,3 = 7\,785\,960,90 \text{ кг}.$$

Экономия ДТ в год после реализации АГЭУ составит 1 199 т, или 13,34%:

$$\text{Экономия}_{\text{ДТФЭС}} = 8\,984\,880,00 - 7\,785\,960,90 = 1\,198\,919,10 \text{ кг.}$$

Затраты на ДТ в год до реализации АГЭУ и после реализации АГЭУ составят:

$$\text{Затраты}_{\text{ДТДЭС}} = 8\,984\,880,00 \cdot 71,49 = 642\,329\,071,20 \text{ р./г.,}$$

$$\text{Затраты}_{\text{ДТФЭС}} = 7\,785\,960,90 \cdot 71,49 = 556\,618\,344,74 \text{ р./г.}$$

Экономия ДТ в стоимостном выражении в год при реализации АГЭУ составит 85,71 млн.р.:

$$\text{Экономия}_{\text{ДТФЭС}} = 642\,329\,071,20 - 556\,618\,344,74 = 85\,710\,726,46 \text{ р./г.}$$

Стоимость электроэнергии, полученной от дизельных электростанций, утвержденная министерством тарифной политики субъекта Российской Федерации для поселка Тура, в 2022 году равна 48,68 р./кВт·ч, с НДС 54,82р./кВт·ч.

Доля затрат на ДТ до реализации АГЭУ в действующем тарифе составляет 46,95%:

$$\text{Доля}_{\text{ДТДЭС}} = 642\,329\,071,20 / 29\,949\,600 / 48,68 \cdot 100 = 46,95\%.$$

Доля затрат на ДТ при реализации АГЭУ в действующем тарифе составит 40,68%:

$$\text{Доля}_{\text{ДТФЭС}} = 556\,618\,344,74 / 29\,949\,600 / 48,68 \cdot 100 = 40,68\%.$$

При условии сохранения структуры текущих расходов, включаемых в действующий тариф, при внедрении АГЭУ тариф может быть уменьшен на 6,26%, на текущий момент составил бы 42,82 р./кВт·ч, с НДС 51,3 р./кВт·ч.

Экономия дизельного топлива является приоритетной причиной реализации ФЭС на территории поселка Тура, Эвенкийского района, Красноярского края. При этом, при использовании существующих дизельных генераторов прогнозируется сохранение рабочих мест, упрощение управления за счет повышения уровня автоматизации процессов, сокращение моточасов.

Основные экономические эффекты:

- экономия дизельного топлива планируется в размере 1198 тонн в год (13,4%), в стоимостном выражении - 82 млн. рублей;

- повышение надежности и качества электроснабжения (увеличение межремонтного интервала ДГУ, экономия затрат на масло, сокращение потерь электроэнергии).

Окупаемость проекта составляет 5 лет.

Заключение

В России в данное время, из-за постоянного повышения стоимости ископаемого топлива (уголь, нефть, газ) и отпускаемой цены на электроэнергию коммунально-бытовым потребителям и предприятиям, производят широкое внедрение энергетических установок, использующих возобновляемые источники энергии (солнце, ветер, малые реки и т.д.).

На сегодняшний день возобновляемые источники энергии (ВИЭ) привлекают все большее внимание, как обычных людей, так и руководителей многих государственных предприятий, международных корпораций. А применение параллельно работающих с сетью энергоносителей и солнечных электростанций (СЭС) будет являться наиболее эффективным способом использования ВИЭ повсеместно.

Все чаще во всем мире используются возобновляемые источники энергии в бытовых и промышленных целях. Тем не менее, некоторые государства практически не применяют возобновляемые источники энергии. В соответствии с разными прогнозными оценками, которые не подвергаются оспариванию, многие государства используют возобновляемые источники энергии лишь в 15% от всего энергобаланса. В результате этого осуществляется формирование многочисленных дискуссий о том, чтобы повышать данный показатель даже несмотря на то, что присутствуют соответствующие тенденции к его росту.

Структура системы возобновляемых источников энергии характеризуется солнечной, ветровой, геотермальной энергиями, энергией, которую создают морские приливы и волны, биомасса – растений, разные органические отходы. Стоит также отметить наличие низкопотенциальной энергии, которую создает окружающая среда. Возобновляемые источники энергии характеризуются малыми гидроэлектростанциями, отличающимися от крупных гидроэлектростанций лишь по мощности.

В данной бакалаврской работе попытались оценить энергоэффективность системы энергообеспечения в составе возобновляемых источников энергии в п. Тура, Эвенкийского муниципального района, Красноярского края.

Для п.Тура предусмотрена сеть 220 В переменного тока. Для питания потребителей используются фотоэлектрические модули или запасенная аккумуляторами электрическая энергия поступающая в сеть ДЭС-1 через инверторы входящие в состав универсальных контроллеров работающих параллельно. Произведенная системой электрическая энергия перекроет потребность в электрической энергии в течение года на 13,34 %. Дефицит электрической энергии будет замещаться посредством ДЭС постоянно, т.к. работать они будут параллельно.

В результате проведенных расчетов выяснилось, что себестоимость электроэнергии при использовании АГЭУ уменьшится на 6,26%. Экономия затрат на приобретение дизельного топлива составит свыше 85 710 т. р. ежегодно.

Список используемой литературы

1. Беляев А.В. Капитальные вложения и экономическая эффективность их использования в сельском хозяйстве. М. : Колос, 2003. 43с.

2. Возобновляемые источники энергии в условиях новой промышленной революции: мировой и отечественный опыт [Электронный ресурс] : URL: https://wne.fa.ru/jour/article/view/229?locale=ru_RU (дата обращения: 18.04.2022).

3. ГОСТ 15150-69. Межгосударственный стандарт. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды" [Электронный ресурс] : утвержден Постановлением Госстандарта СССР от 29.12.1969 N 1394. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294852/4294852592.pdf> (дата обращения: 18.04.2022).

4. ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам. [Электронный ресурс] : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14.07.1989 № 2381. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004477> (дата обращения: 18.04.2022).

5. ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции» [Электронный ресурс] : введен в действие Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 07.04.1998 № 110. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200011565> (дата обращения: 18.04.2022).

6. ГОСТ 9920-89 Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции [Электронный ресурс] : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета

СССР по стандартам от 14.07.1989 № 3117. Переиздание март 1997 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006927> (дата обращения: 18.04.2022).

7. ГОСТ Р 52719-2007 Трансформаторы силовые. Общие технические условия [Электронный ресурс] : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09.04.2007 № 60-ст. (изм. от 01.12.2020 № 1222-ст). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200050072> (дата обращения: 18.04.2022).

8. ГОСТ 31996-2012 Кабели силовые с пластмассовой изоляцией на номинальное напряжение 0,66, 1 и 3 кВ. Общие технические условия [Электронный ресурс] : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.11.2012 № 1414-ст. (изм. от 13.11.2020 № 1083-ст). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200102744> (дата обращения: 18.04.2022).

9. ГОСТ 7746-2015 Трансформаторы тока. Общие технические условия [Электронный ресурс] : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.06.2016 № 674-ст. Переиздание, март 2019 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136399> (дата обращения: 18.04.2022).

10. ГОСТ 1983-2015 «Трансформаторы напряжения. Общие технические условия [Электронный ресурс] : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.06.2016 № 673-ст. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136398> (дата обращения: 18.04.2022).

11. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс] : введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.07.2013 № 400-ст. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения: 18.04.2022).

12. Костюченко Л.П. Проектирование систем сельского электроснабжения: Л.П. Костюченко, А.В. Чебодаев : Учебное пособие. 2-е изд. испр. и доп. Краснояр. гос. аграр. ун-т. : Красноярск, 2005. 184 с.

13. «Методические рекомендации по проектированию развития энергосистем», утвержденные приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 30.06.2003 № 281. СО 153-34.20.118- 2003.

14. Минэнерго РФ Правила устройства электроустановок. Минэнерго РФ – 7 издание, переработанное и дополненное. Красноярск, 2016. 656 с.

15. Моисеев В.А., Чепелев Н.И. Безопасность жизнедеятельности : учебно-методическое пособие к лабораторным и практическим работам. Красноярск : КрасГАУ, 2005. 258 с.

16. Мульти-Вуд, Энергия солнца: [Электронный ресурс]. URL: <http://multiwood.ru> (дата обращения: 18.04.2022).

17. «Общие требования к системам противоаварийной и режимной автоматики, релейной защиты и автоматики, телеметрической информации, технологической связи в ЕЭС России», утвержденными Приказом ОАО РАО «ЕЭС России» № 57 от 11.02.2008 г.

18. СП 131.13330.2020. Свод правил. Строительная климатология. СНиП 23-01-99 [Электронный ресурс] : утвержден и введен в действие Приказом Минстроя России от 24.12.2020 N 859/пр. <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (дата обращения: 18.04.2022).

19. Шкрабак В.С. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве : учебник и учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М.: Колос. 2002. 512 с.

20. Энергосберегающие технологии [Электронный ресурс] : URL: <https://anarticle.ru/energoberegayushhie-texnologii.html> (дата обращения: 18.04.2022).