

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)

---

Энергосбережение энергоаудит  
(направленность (профиль) / специализация)

---

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Применение альтернативных источников энергии для электроснабжения  
автомобильной мойки самообслуживания

---

Студент

В.О. Соосаар  
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, С.В. Шаповалов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент, А.В. Кириллова  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Аннотация

Название выпускной квалификационной работы: «Применение альтернативных источников энергии для электроснабжения автомобильной мойки самообслуживания».

Данная выпускная работа состоит из введения, четырёх разделов, включающих в себя подразделы, заключения, списка литературы, в который входят зарубежные источники и графической части на 6 листах формата А1.

Главной целью этой работы является повышение энергоэффективности электроснабжения для объектов малого бизнеса, на примере мойки самообслуживания на 6 постов, за счёт использования альтернативных источников питания, представленных автономной солнечной электростанцией.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведён анализ современных источников альтернативной энергии, солнечная энергетика была выбрана для применения на представленной мойке самообслуживания, произведён анализ развития данного вида энергетике и её оборудования, была проанализирована система электроснабжения автомойки самообслуживания, включая характеристику самого объекта, его освещения, а также описания его схемы питания от централизованной сети. Так же была произведена разработка системы электроснабжения на основе солнечной энергии, в которую входил расчет нагрузок и подбор оборудования солнечной электростанции, а также проектирование плана совместной работы альтернативного источника питания с централизованной сетью. В конечном счёте, была произведена оценка энергоэффективности от применения альтернативных источников питания.

Цели и задачи, поставленные в данном проекте, были выполнены в соответствии со всеми действующими нормативными документами.

## **Abstract**

The title of the graduation work is "The use of alternative energy sources for the power supply of a self-service car wash".

The senior thesis consists of an introduction, four parts, the list of references including foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The key issue of the graduation project is to increase the energy efficiency of energy supply for small businesses, using the example of a self-service car wash for 6 posts, through the use of alternative power sources represented by an autonomous solar power plant.

In this graduation work an analysis of modern alternative energy sources was carried out, solar energy for using in the self-service car wash was selected, an analysis of the development for this energy type and its equipment was made. Furthermore, the power supply system of the self-service car wash was analyzed, including the characteristics of the object itself, its lighting, as well as descriptions of its power supply scheme from the centralized power grid. The development of a solar power supply system was also carried out, which included the calculation of loads and the selection of equipment for a solar power plant, as well as the design of a plan for the joint operation of an alternative power source with a centralized network.

Finally, we evaluated energy efficiency for the power supply of a self-service car wash from the use of alternative power sources.

## Содержание

Введение .....	5
1 Альтернативные источники энергии .....	6
1.1 Анализ альтернативных источников энергии .....	6
1.2 Оборудование системы электроснабжения от солнечной энергии .....	9
2 Система электроснабжения автомойки самообслуживания .....	24
2.1 Характеристика автомойки самообслуживания .....	24
2.2 Электрическое освещение .....	25
2.3 Описание силовой сети и подключения инженерных систем .....	28
3 Разработка системы электроснабжения на основе солнечной энергии .....	33
3.1 Расчет нагрузок и выбор оборудования .....	33
3.2 Проектирование совместной работы централизованной и альтернативной систем электроснабжения .....	46
4 Оценка эффективности применения альтернативной системы электроснабжения .....	49
Заключение .....	52
Список используемых источников .....	53

## Введение

В наше время всё большую заинтересованность в экономии электроэнергии начинает проявлять малый бизнес. Это конечно же является наиболее логичным ходом для того, чтобы добиться экономии, благодаря чему будет возможно повышение общего дохода производства. Так, например, большинство крупных предприятий производят замену оборудования на более энергоэффективное для уменьшения общих затрат, что ведёт к увеличению определенной прибыли всего производства.

Если же вернуться к малому бизнесу, который в наше время ведёт наиболее активную деятельность, то здесь так же возможны различные варианты повышения энергоэффективности.

Среди различных вариантов, наиболее перспективными считается применение альтернативных источников энергии, таких как различные ветроили же солнечные электростанции, которые могут производить преобразование природных ресурсов, таких как ветер, либо же солнечная энергия, соответственно, в электричество.

Целью данной выпускной квалификационной работы является повышение энергоэффективности электроснабжения для объектов малого бизнеса на примере мойки самообслуживания на 6 постов.

Для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

1. Произвести анализ оборудования, требуемого для применения альтернативного источника энергии.
2. Разработать систему электроснабжения на основе выбранного источника альтернативной энергии.
3. Рассчитать и проанализировать эффективность предложенных мероприятий.

## **1 Альтернативные источники энергии**

### **1.1 Анализ альтернативных источников энергии**

Рассматривая общую ситуацию в стране, виднеется тенденция снижения общих запасов полезных ископаемых, что логично ведёт к возрастанию тарифов на электрические и тепловые виды энергии. Как уже говорилось ранее, многие предприниматели сейчас всё чаще начинают задумываться о возможности снижения затрат различными способами. К таким возможностям можно отнести применение различных источников альтернативной энергетики [2].

Сама по себе альтернативная энергетика предполагает собой применение различных возобновляемых видов энергии, будь то энергия солнечного света, энергия ветра, биотопливо и т.д. [3].

К сожалению, на данный момент в нашей стране такой вид энергетики не так развит, как, например, на Западе, но за последние годы мы начинаем активно нагонять соседние страны как в производстве источников альтернативной энергии, так и в их применении. Всё это приводит ко вхождению данной энергетики в массы.

Сейчас в нашей стране всё большее применение находят различные альтернативные источники питания, но наиболее быстро в массовый рынок вошли различные ветрогенераторы, а также солнечные электростанции, чему поспособствовало начало производства большей части требуемого оборудования в России, т.е. произошло замещение импортных частей на наши, что благополучно сказалось на общей стоимости электрических станций, работающих на альтернативной энергии.

С развитием технологий производства, данные источники питания всё больше и больше удешевляются, за счёт чего, например, солнечная электростанция со средней выработкой электрической энергии 2-5 кВт, цена которой в 2005 году могла достигать 1 000 000 рублей, сейчас же стоит до 400 тыс. рублей, судя по данным с сайтов производителей, при этом в её комплекте будут применяться уже более совершенные гетероструктурные фотоэлектрические модули, КПД которых больше на 23,5% больше [8].

Такую же тенденцию испытывает и рынок ветрогенераторных электростанций (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ветряная станция (ВЭС Крым)

Если же продолжить рассматривать источники альтернативного питания, то можно отметить геотермальную энергетику, а также возможность применения биотоплива.

Геотермальная энергетика скорее всего станет третьим наиболее перспективным видом альтернативной энергетики так, как она сейчас тоже активно развивается, лишь немного отставая от солнечной и ветроэнергетики.

Рассматривая её со стороны не промышленного применения, данный вид энергии предполагает применение теплового насоса, находящегося на территории энергопотребителя, благодаря которому появляется возможность получения тепла от поверхности земли. Данные насосы имеют различные вырабатываемые мощности, а также разделяются на различные типы, такие как «грунт-воздух», «грунт-вода» и т.д.

Изображение геотермальной станции можно увидеть на рисунке 2 ниже.



Рисунок 2 – Мутновская ГеоЭС (геотермальная электростанция)

Ещё всё чаще начинает применяться так называемое биотопливо в различных его проявлениях. Оно тоже имеет как свои плюсы в применении, так и минусы. Но в наше время пока малый процент предприятий его использует в виду не очень большого КПД, чаще всего его можно наблюдать в применении в различных частных помещениях как жилых, так и нет.



## **1.2 Оборудование системы электроснабжения от солнечной энергии**

Как таковые солнечные электростанции являются сборной системой различных ведомых и управляющих элементов, то можно отметить те основные части, которые присутствуют в любой солнечной станции, независимо от её конструктива. Чаще всего в составе оборудования солнечной электростанции можно увидеть:

- Фотоэлектрические модули
- Инверторы,
- Опорные конструкции,
- Вся требуемая проводка и коннекторы.

Так же, в зависимости от того является солнечная станция автономной или сетевой, в комплект так же могут входить АКБ для запасания электрической энергии.

### **Фотоэлектрические модули**

Начиная рассматривать общий принцип действия солнечных батарей, можно утверждать, что он состоит из преобразования энергии солнечного света в постоянный электрический ток.

Следовательно, можно начать ознакомление с данным оборудованием с главной его части на которой основывается работа всей солнечной станции, ей являются солнечные элементы, либо же солнечные панели.

В наше время наибольшее развитие имеют кремниевые гетероструктурные, монокристаллические, поликристаллические, а также тонкопленочные модули.

Гетероструктурные модули на данный момент являются наиболее прогрессивными и перспективными среди всех остальных видов. Как заявляется на сайте [9] у единственного производителя данных фотоэлементов в нашей стране ГК «Хевел», данная технология объединяет в себе опыт создания и применения монокристаллических панелей, с их высоким КПД и малой степенью деградации, и тонкопленочных (аморфных), преимуществами которых

является неощутимое снижение производительности при нагреве, а также довольно высокая эффективность при улавливании рассеянного и отраженного видов света. Пример ячейки гетероструктурного модуля Хэвэл показан на рисунке 3.

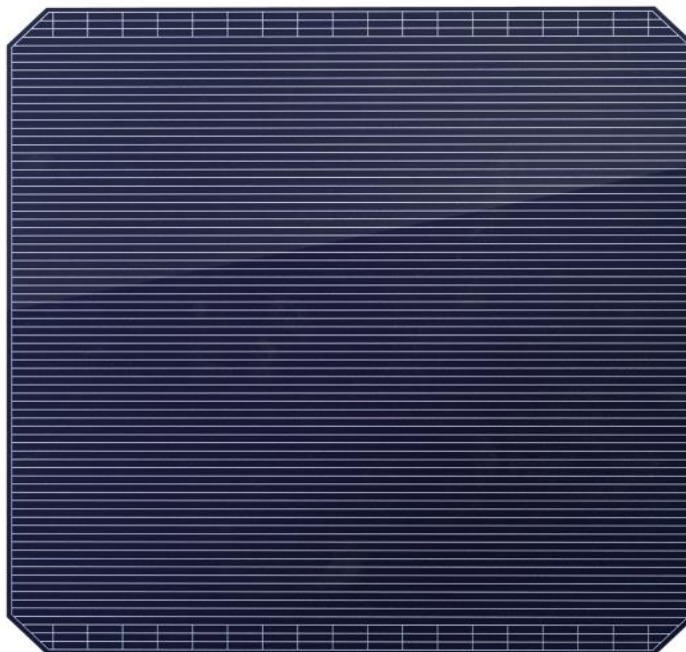


Рисунок 3 – Ячейка гетероструктурного модуля

Продолжая рассматривать виды фотоэлектрических модулей, то можно обратить внимание на более распространённые монокристаллические панели, о достоинствах которых уже говорилось выше.

Технология их производства заключается в использовании кремния крайне высокой очищенности, полученного в промышленных условиях. Одним из условий по которому можно распознать монокристаллическую модель является её однородность цвета, которой намеренно добиваются на изготавливающих предприятиях. За счёт всех этих факторов, данные модули имеют отличные параметры КПД (14-17%) и большие сроки службы, не во много раз уступая гетероструктурным элементам.

К минусам же можно отнести довольно высокую стоимость, которая складывается из получаемых преимуществ и сложности производства данных фотоэлектрических модулей, а также сильную чувствительность к загрязнениям самих элементов. Пример монокристаллической ячейки можно увидеть ниже на рисунке 4.



Рисунок 4 – Монокристаллическая ячейка

Далее, продолжая рассматривать фотоэлектрические модули по популярности, следует обратить внимание на поликристаллические панели, изготавливаемые из расплавленного кремния, который по технологии медленно охлаждается до нужного состояния и после этого ему придаётся требуемая форма.

К плюсам солнечных панелей на основе поликристаллических модулей можно отнести снижение затрат в сравнении с монокристаллическими моду-

лями, так как здесь наименьший процент количества неприменяемых отходов.

Начиная рассматривать минусы данных солнечных панелей более подробно, можно отметить то, что данные модули восприимчивы к продолжительным воздействиям высокой температуры, из-за чего снижается их срок службы, а также имеют меньший КПД (10-12%), нежели у монокристаллических панелей. На рисунке 5 представлена поликристаллическая ячейка.

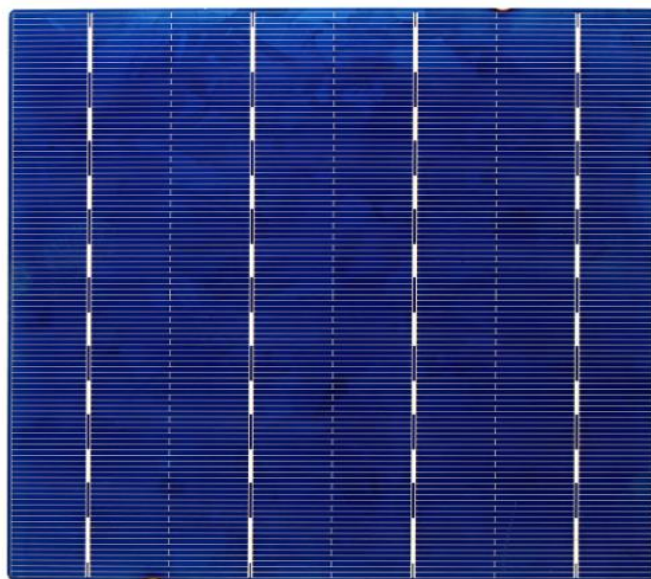


Рисунок 5 – Поликристаллическая ячейка

Последним и наиболее распространённым видом солнечных батарей на основе кремния в наше время считаются тонкопленочные или же аморфные фотоэлектрические модули.

Технология их изготовления заложена напрямую в их названии и предполагает собой нанесение кремния на определенную основу тонкой плёнкой, которая в дальнейшем покрывается специальным защитным слоем.

В наше время данный вид панелей является наиболее широко известным и применяемым во многих отраслях (от портативных зарядных устройств до подпитки электрической энергией различных зданий).

Определяющим всё это плюсами стали два главных фактора – наименьшая цена производства среди всех солнечных панелей и возможность изготовления на гибкой основе, что позволяет изготовить и применить модуль практически на любой поверхности и площади. Также к их плюсам стоит отнести крайне низкий температурный коэффициент, благодаря которому мощность модулей на данной технологии при нагреве падает крайне незначительно и довольно большую чувствительность, а, следовательно, и возможность получать наибольшее количество электрической энергии с данных модулей при любых погодных условиях.

Среди минусов можно указать более низкий КПД, чем у остальных представленных выше фотоэлементов, но в данный момент идёт значительная модификация и смена поколений данных модулей, благодаря чему коэффициент полезного действия солнечных панелей, основанных на тонкопленочных ячейках, смог возрасти с 8% до конкурентоспособных >12%.

На рисунке 6 представлено изображение тонкопленочной ячейки.

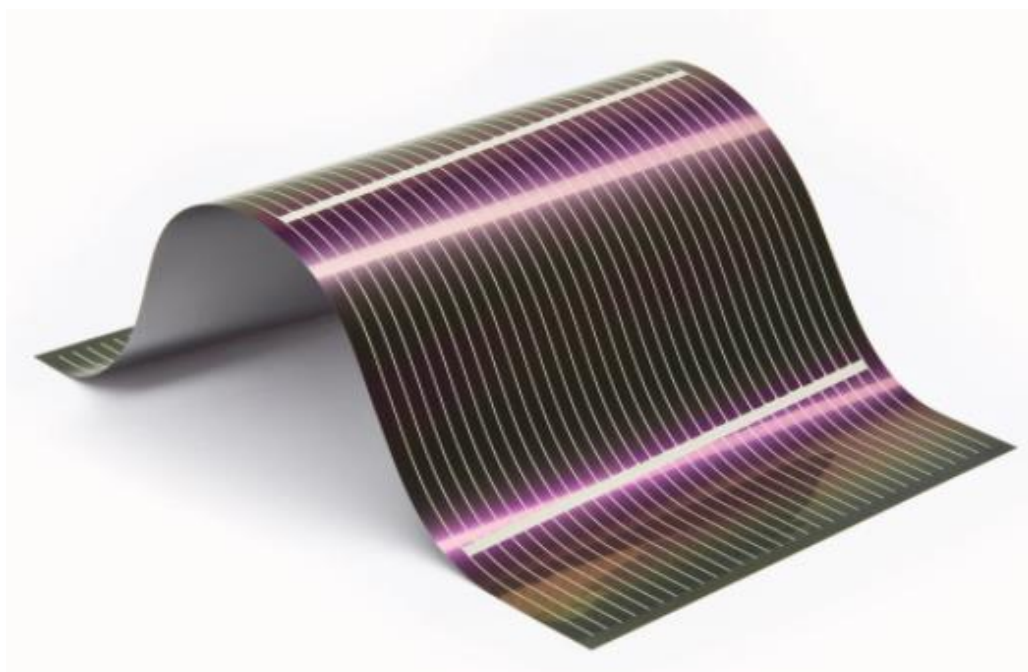


Рисунок 6 – Тонкопленочная ячейка

## Контроллеры заряда

Продолжая рассматривать строение солнечной электростанции, представленной на рисунке 7 следует отметить то, что после солнечных панелей как правило следует подключение контроллера заряда, который требуется для управления подаваемым питанием, снимаемым с солнечных панелей, на аккумуляторные батареи.



Рисунок 7 – Наглядная схема соединения компонентов солнечной станции

Если же рассмотреть вариант, при котором питание с солнечной панели будет напрямую подаваться на аккумулятор, то в конечном счёте данный АКБ будет выведен из строя в очень малые сроки в виду того, что напряжение, получаемое с солнечной панели значительно больше 14 Вольт, которые являются номинальными для его зарядки.

При факте того, что АКБ был разряжен, конечно же будет произведена его зарядка, но в дальнейшем начнётся процесс его перезаряда с последующим процессом вскипания дистиллятора.

Именно чтобы это предотвратить, в схему включается контроллер заряда аккумулятора, который не даёт как поступать излишнему току и напряжению, сверх требуемого, так и не даёт потреблять их из заряженных аккумуляторов.

муляторов, благодаря чему всё это приводит к увеличению срока службы аккумуляторных батарей.

Как таковые, контроллеры заряда в наше время принято делить на два типа:

1. Контроллеры заряда на основе ШИМ;

Данные контроллеры работают, основываясь на широтно-импульсной модуляции. Так же существует несколько их вариаций, которые принято обозначать как шунтовые и последовательные.

Шунтовые ШИМ контроллеры возможно применять только с солнечными панелями, т.к. данные панели замыкаются накоротко, благодаря чему весь ток с них течет через шунт и не может попасть на АКБ. У данного типа контроллеров довольно много плюсов в использовании, например, низкий уровень ЭМ помех, малые потери мощности и т.д. К их минусам возможно отнести лишь довольно сильный нагрев во время регулирования.

Последовательные ШИМ контроллеры построены на том, что источник энергии отключается от аккумуляторов, благодаря чему напряжение на нём поднимается выше значения напряжения ХХ.

2. Контроллеры заряда МРРТ;

Данное название дословно расшифровывается как Maximum Power Point Tracking, что в переводе означает слежение за точкой максимальной мощности. Причем, как и первые, данные контроллеры так же основываются на применении ШИМ

Принято считать, что контроллеры заряда на основе МРРТ дороже, но эффективнее всех видов ШИМ контроллеров.

**Аккумуляторные батареи**

Следующим пунктом в цепи питания солнечной электростанции являются аккумуляторные батареи, требуемые для запасания полученной электроэнергии и обеспечения бесперебойного питания потребителей вне зависимости от погодных условий, времени суток и т.д.

Сейчас наиболее активно применяются три вида аккумуляторов, каждая из которых имеют как свои плюсы, так и недостатки.

Первым и наиболее распространенным видом АКБ являются свинцово-кислотные. Начать их рассмотрение следует с самого известного представителя – **стартерных (автомобильных) АКБ** (рисунок 8)



Рисунок 8 – Стартерная аккумуляторная батарея

Данный подвид свинцово-кислотных АКБ является самым активно используемым ввиду своей крайне низкой стоимости в сравнении со всеми остальными аккумуляторами. Но у них присутствует огромное количество отрицательных моментов, таких как: высокий процент саморазряда, требование обслуживания и помещения в котором будет происходить циркуляция воздуха, а также хуже любых других АКБ переносят глубокий разряд, что существенно и крайне негативно сказывается на сроке их службы.

Далее следуют свинцово-кислотные аккумуляторы типа **AGM**.

Как таковые, этот подвид АКБ предназначен для применения в источниках бесперебойного питания, где требуется долговременная работа, а данный вид аккумуляторов способен работать в течение 12-15 лет, но не требу-



ется поддержка постоянной нагрузки. На рисунке 9 можно увидеть наглядное изображение AGM аккумулятора.



Рисунок 9 – AGM аккумулятор

Следующими идут **гелиевые АКБ**, которые так же относятся к герметизированным свинцово-кислотным аккумуляторным батареям. Они способны выдерживать ещё более долгие циклические режимы заряда-разряда как AGM, но также способны переносить сильные перепады температур, что несомненно относится к их плюсам в сравнении с другими вариантами аккумуляторов.

Также гелиевые АКБ в наше время начали активно развиваться, что вылилось в появление ещё одного их подвида- гелиевых с **трубчатыми электродами (OpzV)** (рисунок 10), которые разрабатывались специально для долгого отбора больших мощностей, благодаря чему они способны работать в режиме сильных нагрузок на протяжении 20 часов.



Рисунок 10 – Гелиевые АКБ с трубчатыми электродами

И последними применяемыми и самыми прогрессивными среди всех свинцово-кислотных АКБ являются **заливные с намазными пластинами (OPzS)**, которые изначально разрабатывались для применения в солнечной энергетике. К их достоинствам относятся: возможность обслуживания, переносимость огромного числа циклов «заряда-разряда» до 60% от номинальной емкости. Однако у них есть и довольно значимые минусы, к которым относятся их цена, а также требования к помещению, в котором будут размещены.

Их можно увидеть на рисунке 11 ниже.



Рисунок 11 – Заливные гелиевые аккумуляторные батареи с намазными пластинами

Чуть реже сейчас в солнечной энергетике принято применять **литий-ионные аккумуляторные батареи (LiFePo4)**. Основным их недостатком является стоимость, но в остальном они имеют лишь достоинства, к которым можно отнести: возможность отдачи до 80% заряда без потери в емкости, так же они не теряют эту самую емкость при простое или же неполной зарядке, выдерживают множество циклов «зарядки-разрядки» (около трех тысяч) и имеют срок службы в районе 20 лет, что является одним из лучших показателей среди прочих видов АКБ.

Наглядно представлены на рисунке 12.



Рисунок 12 – LiFePo4 аккумулятор

### **Инверторы**

Крайней, но не менее важной частью питающей схемы солнечных электростанций, принято считать инверторы. Их основной целью является преобразование постоянного напряжения, получаемого с аккумуляторных батарей, в переменное 220 вольт с которым работают большинство приёмников.

По сути можно использовать полученную энергию с солнечных панелей и без инвертора, но тогда она будет ограничена 12 вольтами постоянного напряжения, получаемого с выводов контроллера заряда, чего в 90% случаев недостаточно.

Сами инверторы можно разделить на несколько типов, описанных ниже:

– Автономные, т.е. инверторы работающие отдельно от внешней электрической сети и способные поддерживать и преобразовывать электрическую энергию в АКБ в их нормальных пределах;

– Сетевые инверторы, т.е. инверторы работающие параллельно с сетью, к которой подключены потребители. Их основной целью, помимо отслеживания и нормализации состояния работы АКБ, является ещё и контроль качества получаемой электрической энергии для того, чтобы отдавать её обратно в сеть по так называемому «зелёному тарифу», который в нашей стране, к сожалению, не действует;

– Гибридные инверторы. На данный момент наиболее прогрессивные, так как сочетают в себе варианты работы как сетевых, так и автономных инверторов. Занимают наименьшую площадь, могут работать без контроллера заряда, т.к. имеют встроенный, а также имеют множество различных настроек, которые требуются индивидуально для каждого из возможных потребителей.

В наше время всё чаще в инверторы встраивают контроллер заряда, что позволяет сэкономить на его приобретении.

Далее хотелось бы рассмотреть варианты подключения разных типов инверторов и показать это наглядно.

На рисунке 13 представлена наглядная схема подключения для автономного инвертора в систему солнечной электростанции.

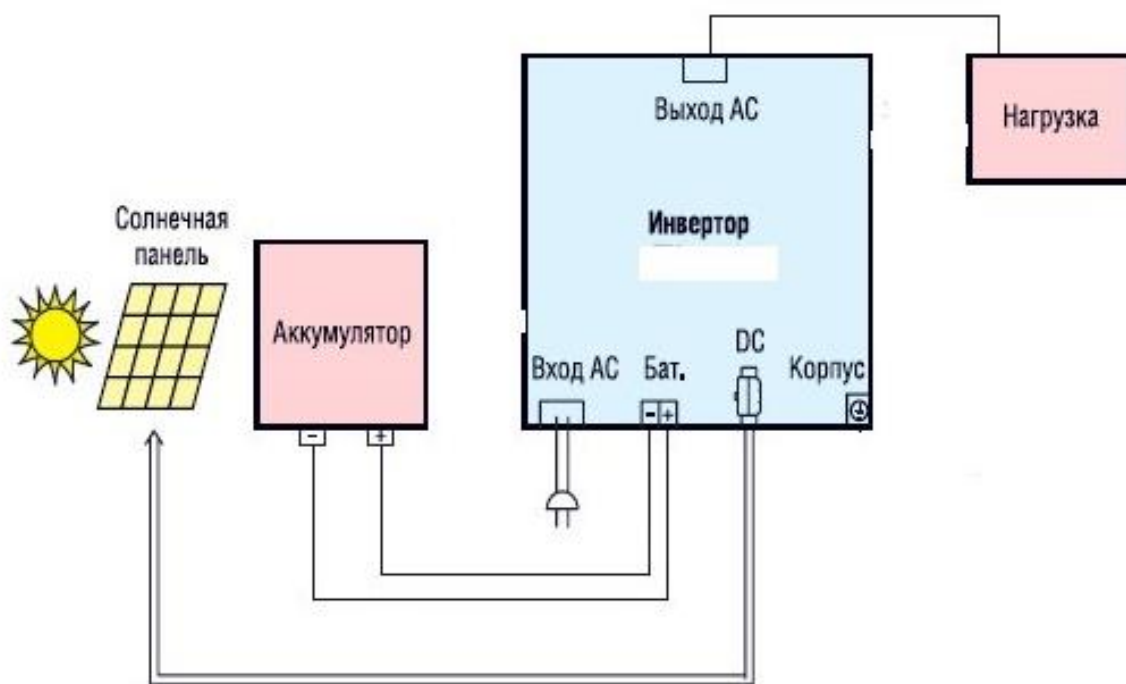


Рисунок 13 – Наглядная схема подключения автономного инвертора в сеть

Как можно наблюдать на рисунке 1.6, автономные инверторы принято устанавливать между нагрузкой и аккумуляторными батареями. Так же у данного типа инверторов возможен вход для переменного напряжения 220 вольт, чтобы производить подзарядку АКБ при невозможности применять электричество с солнечных панелей.

Далее следует рассмотреть схему подключения для сетевых инверторов, представленную на рисунке 14.

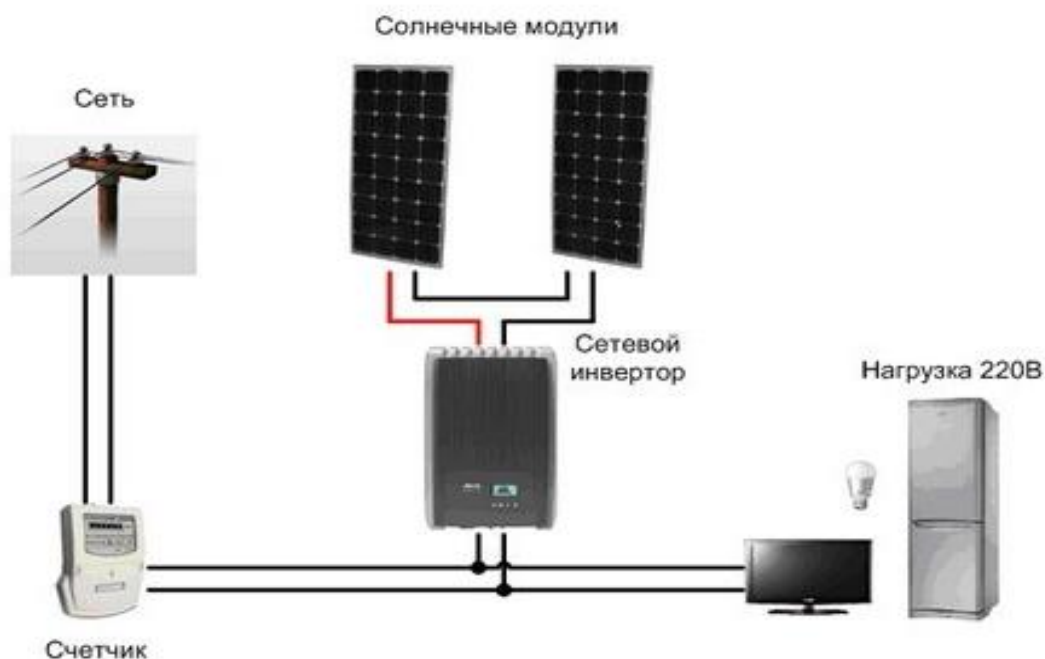


Рисунок 14 – Наглядная схема подключения сетевого инвертора

Сразу же можно обратить внимание на то, что на данной схеме отсутствуют аккумуляторные батареи. Это напрямую связано с типом инвертора, так как здесь солнечные панели напрямую посредством инвертора присоединяются к сети потребителя, благодаря чему происходит их так называемая подпитка. Если же количество вырабатываемой электрической энергии превышает запросы потребителя, тогда через специальный счётчик, который может работать по «зелёному тарифу», электроэнергия уходит в общую сеть. Повторяя сказанное выше, в нашей стране пока «зелёный тариф» ещё не действует, а выгрузка собственной электрической энергии в общую сеть может привести к определенным административным санкциям.

И последний вид схемы подключения солнечной станции с применением гибридного инвертора представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Наглядная схема подключения гибридного инвертора в сеть

Как и говорилось выше, гибридные инверторы сочетают в себе принципы работы как сетевых, так и автономных инверторов, а, следовательно, как можно видеть на рисунке 15, он предполагает установку с применением и аккумуляторных батарей, и внешней сетью, и нагрузкой.

### **Вывод**

В первом разделе были рассмотрены большинство видов современной альтернативной энергетики, а также составляющие солнечной электростанции, благодаря которой будет производиться альтернативное питание для выбранной мойки самообслуживания.



## 2 Система электроснабжения автомойки самообслуживания

### 2.1 Характеристика автомойки самообслуживания

Закончив рассмотрение конструктивных особенностей солнечных станций, следует продолжить данный проект представлением объекта малого бизнеса, который, в конечном счете, помимо централизованной сети будет подключен к источнику альтернативной энергии в форме автономной солнечной станции.

Данным объектом будет являться типовая автомойка самообслуживания на 6 постов (рисунок 16).



Рисунок 16 – Типовая автомойка самообслуживания на 6 постов

Этот объект был выбран не случайно, так как, во-первых, он действует круглосуточно, без выходных и круглогодично, что является отличной возможностью для демонстрации возможностей современных автономных солнечных станций.

Во-вторых, данный вид малого бизнеса располагает достаточной площадью, которая позволяет беспроблемно подобрать и установить требуемое количество солнечных панелей, что является несомненным плюсом.

Как таковая автомойка самообслуживания представляет из себя вид малого бизнеса, который основывается на установке модульной конструкции боксов с требуемым оборудованием на подготовленный земельный участок.

Количество боксов напрямую зависит от ожидаемой проходимости потребителей и размера земельного участка, обычно их количество варьируется от 2 до 6 постов, а их размер должен составлять 40 м<sup>2</sup> на один пост. Так, например, мойка на 6 постов будет занимать около 600 м<sup>2</sup>, если учитывать площади подъездов к ней, а также стоянку ожидания для клиентов.

Основная цель данного объекта обозначена в его названии, она заключается в том, что клиенты приезжают на личном транспорте и сами занимаются его очисткой, используя услуги по предоставлению оборудования и расходного материала за определенную нормированную плату, которое даёт возможность произвести мойку под давлением как проточной водой, так и водой с добавлением различных химических примесей, позволяющих улучшить эффект очистки.

## **2.2 Электрическое освещение объекта**

При проектировании мойки самообслуживания одним из наиболее важных пунктов её электрификации является грамотная проектировка освещения, которая требуется для проведения моечных работ клиентами в любое время суток [4].

Рассмотрение электрического освещения следует начать с требований СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [11] в которые входят такие пункты как: класс защиты не ниже первого, наличие металлического взрывобезопасного корпуса на лампах, которые требуются для защиты от тока и разрушения механических частей, а также уровень пыле- и влагозащиты не ниже IP 65.

Следующим документом, к которому следует обратиться, является СНиП 23-05-95 [12]. В нём приведены минимальные нормы освещенности для всех видов моек. Они составляют 150 лк – минимальный показатель, 300 лк – хороший показатель для зоны мойки, 500-750 лк – наилучшие показатели для применения в зоне полировки авто. Также в данном документе присутствует обозначение того, что световой поток должен быть на уровне 4400 люменов.

В итоге, на представленной мойке самообслуживания в качестве осветительных приборов для освещения постов можно наблюдать 12 светильников ЛСП44-58-001 Flagman БАП IP65 мощностью 58 Вт каждый [10]. Его наглядное изображение представлено на рисунке 17.



Рисунок 17 – Светильник ЛСП44-58-001 Flagman БАП IP65

Далее следуют светильники наружного освещения, требующиеся для освещения объекта в тёмное время суток. Они здесь представлены 12 светодиодными прожекторами ORIENT SAL-140WH мощность 15 Вт каждый. Данные прожекторы имеют малые габариты, пыле- и влагозащиту IP65, а также работают от напряжения 220 В [5]. Его внешний вид можно увидеть на рисунке 18 ниже.



Рисунок 18 – Прожектор наружного освещения ORIENT SAL-140WH

Последними рассматриваемыми осветительными приборами в данном разделе будут люминесцентные лампы, применяемые для освещения наружных рекламных баннеров. Здесь применены 15 ламп Camelion FT8-15W/33 4200K 5874 [20], выдающие 15 ватт каждая. Данных ламп полностью хватает для обеспечения освещением всех рекламных баннеров на данном объекте. Их внешний вид можно увидеть на рисунке 19.



Рисунок 19 – Лампы для освещения рекламных баннеров Camelion FT8-15W/33 4200K 5874

### 2.3 Описание силовой сети и подключения инженерных систем

Данная мойка самообслуживания через подключение к фидеру получает электропитание от силового трансформатора ТМГ-630/10/0.4, который находится внутри КТП. Компоновку данной КТП можно увидеть на рисунке 20 ниже.

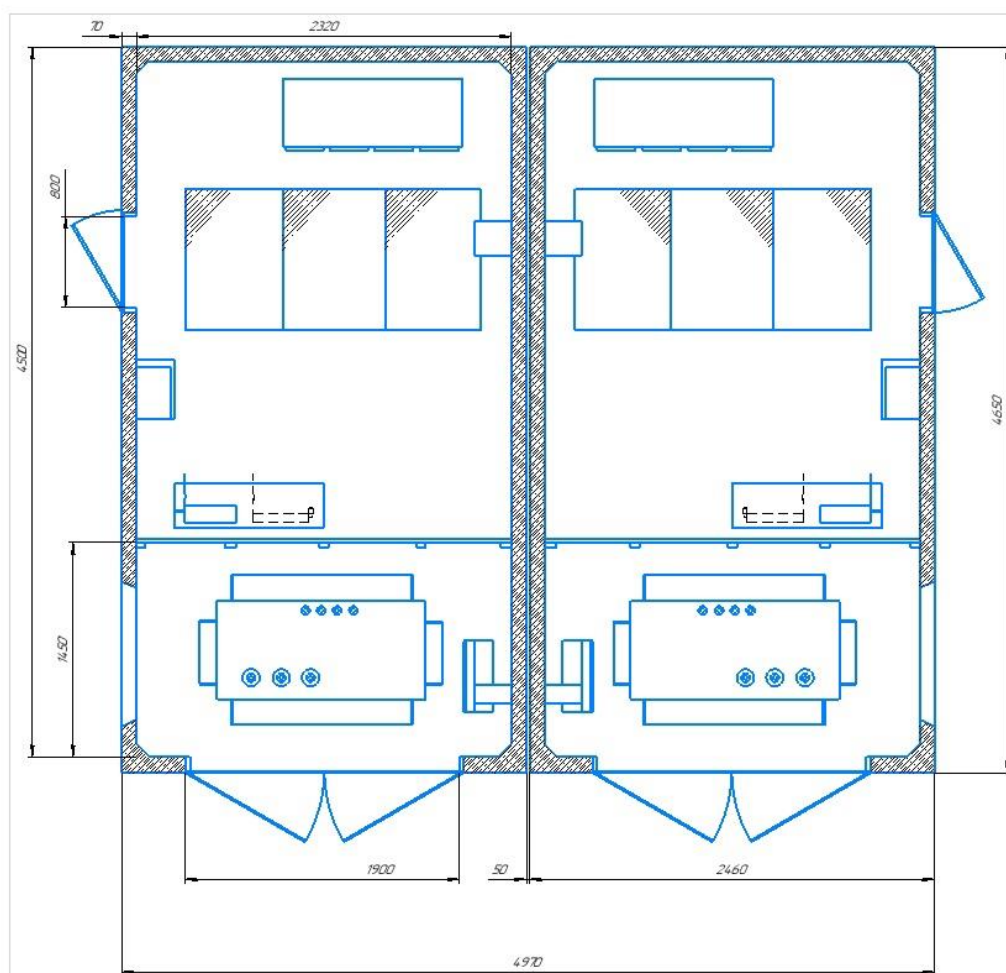


Рисунок 20 – Компоновка КТП

Данный силовой трансформатор (рисунок 21) является трёхфазным, масляным с естественной циркуляцией воздуха и масла, герметичным, имеющим первичное напряжение равное 10 кВ и понижающим его до 0,4 кВ на выходе вторичной обмотки [18].



Рисунок 21 – Силовой трансформатор ТМГ-630/10/0.4

Далее в таблице 1 будут представлены его технические характеристики.

Таблица 1 – Технические характеристики силового трансформатора ТМГ 630/10/0.4

Мощность, кВА	630
Номинальное напряжение, кВ	ВН:6 (6,3) 10 (10,5); НН:0,4
Схема и группа соединения обмоток	У/У <sub>Н</sub> -0 (звезда-звезда), Д/У <sub>Н</sub> -11 (треугольник звезда)
Потери, Вт	ХХ: 1050; КЗ: 7600
Напряжение КЗ, %	5,5
Размеры, мм	1505×1010×1275
Масса, кг	Полная: 1650; Масла:320

Питание данной КТП поступает от трансформаторной подстанции при помощи кабеля АПВВнг-10 сечением  $3 \times 95/25 \text{ мм}^2$ .

Далее следует вводный силовой выключатель ISERE-1200, имеющий номинальный рабочий ток 1200 А, при помощи которого производится коммутирование представленного трансформатора. Защитой данного силового трансформатора от междуфазных коротких замыканий обеспечивается при помощи МТЗ и отсечки типа VIP-30 соединенных с элегазовым выключателем.

Коммутация резервного силового трансформатора ТМГ-630/10/0.4 производится абсолютно таким же силовым выключателем ISERE-1200, имеющим номинальный рабочий ток равный 1200 А. За его защиту отвечают МТЗ и отсечка типа VIP-30 подключенная к элегазовому выключателю [1].

Далее при помощи кабелей ПВ-2  $3 \times 2 \times (1 \times 240 \text{ мм}^2)$  подключается 2х секционное РУ с двумя силовыми шинами, на каждую из которых присутствует возможность подключения до 10 потребителей через предохранители-разъединители. Между собой они соединяются при помощи кабелей ПВ-2  $3 \times (1 \times 240 \text{ мм}^2)$ , а шины заземления при помощи ПВ-2  $1 \times 240 \text{ мм}^2$ .

Питание данных шин с силового трансформатора проходит через ВН ОЕТЛ-1250 А, который позволяет производить отключение шины подверженной короткому замыканию. Также в данном РУ присутствует трехфазный измерительный трансформатор тока, требуемый для подключения различных измерительных приборов, таких как счетчики электрической энергии.

На рисунке 22 представлена схема подключения данной КТП.

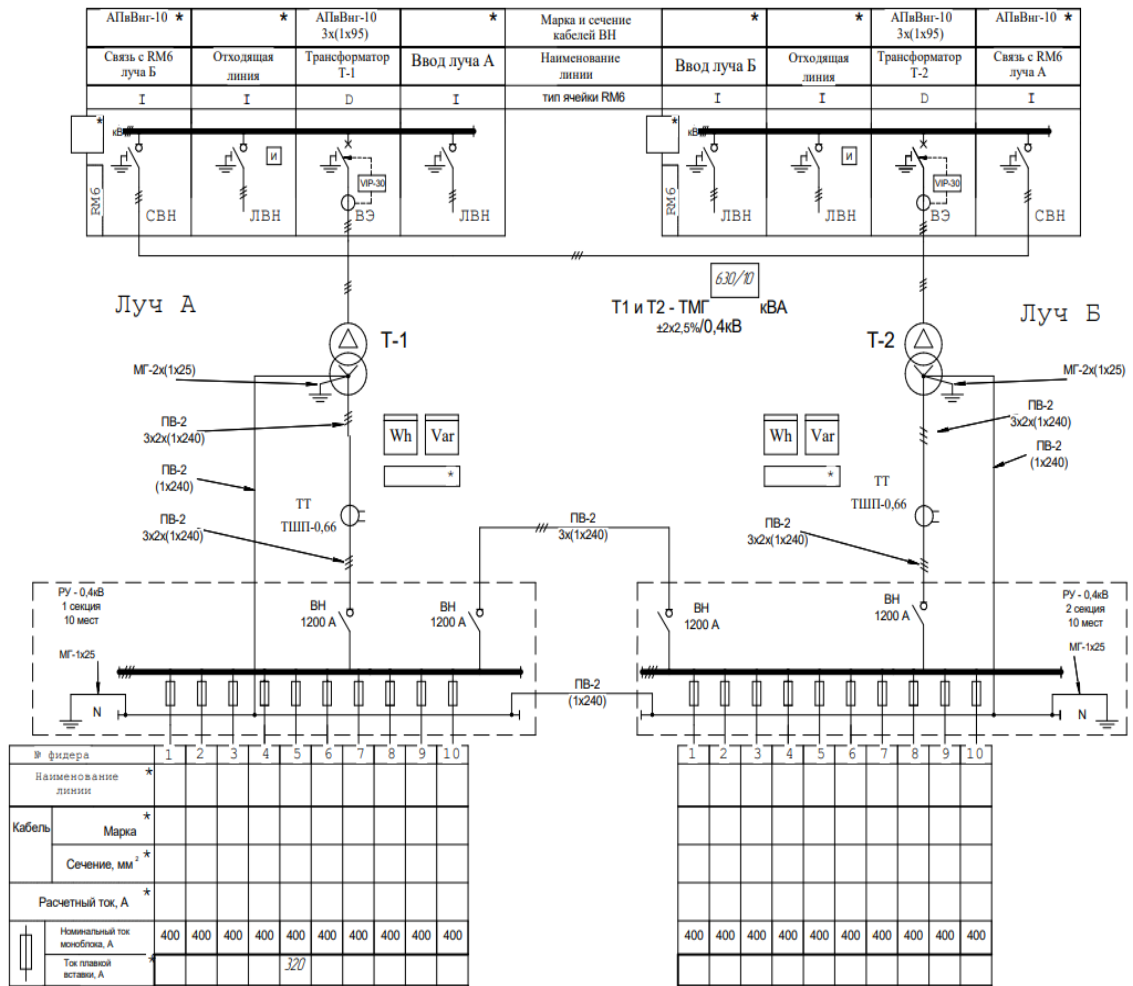


Рисунок 22 – Силовая схема подключения внутри представленного КТП

Исследуемая мойка самообслуживания подключается к первой секции представленной РУ при помощи пятого фидера, от которого приходит 0,4 кВ по 2 трёхжильным кабелям АВВГ с сечением жилы 240 мм<sup>2</sup>, один из которых недействующий и требуется для обеспечения резервного питания. Оба кабеля расположены в специальной траншее под землёй [6].



Они направлены на силовой ящик с рубильником ЯБПВУ-400-УЗ, с номинальным током 400 А, предназначенным для эксплуатации в районах с умеренным климатом и категорией размещения 3, то есть в закрытых помещениях с естественной вентиляцией, кабелем АПРТО с сечением жилы 3x150 мм<sup>2</sup> после чего кабели приходят на первую панель ВРУ с двумя рубильниками ПД-2, с номинальным током 400 А, где происходит переключение между рабочим и резервным вводами. Между данными вводами произведено подключение счетчика электрической энергии через трансформатор тока.

### **Вывод**

В данном разделе была рассмотрена мойка самообслуживания, её освещение, а также произведено описание централизованной сети, от которой она получает питание, включая описание КТП, её схемы и компоновки, марок используемых кабелей, технических данных силового трансформатора и т.д.

### **3 Разработка системы электроснабжения на основе солнечной энергии**

Дальнейшей целью данной работы является дополнение системы электрического питания альтернативным источником энергии. В данном случае будет произведён подбор автономной солнечной станции, которая позволит обеспечить мойку самообслуживания в ночное время запасенной в аккумуляторах электрической энергией, что поможет создать условия для уменьшения потребления электричества из общей сети и добиться определенной экономии.

#### **3.1 Расчет нагрузок и выбор оборудования**

Данный расчет следует начать с составления перечня потребителей, которые будут питаться от альтернативного источника энергии в ночное время (с 22 часов до 9 часов утра), чтобы суметь определить мощностные характеристики солнечной станции, которые потребуются для обеспечения их нужд. Данный перечень представлен в таблице 2 ниже.

Таблица 2 – Перечень потребителей и их потребляемых мощностей

Потребитель	Потребляемая мощность, Ватт	Кол-во	Потребляемая энергия по часам, кВт·ч												S <sub>потр</sub> в заданном промежутке времени, кВт·ч
			22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	
Постоянной освещение в тёмное время	15	12	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	-
Переменное освещение постов	58	12	0,7	0,7	0,35	0,23	0,12	0,12	0,23	0,35	0,35	0,23	0,35	0,7	-
Освещение рекламных баннеров	15	15	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	-
Пульты управления программами мойки	180	6	1,08	1,08	0,54	0,42	0,18	0,18	0,42	0,54	0,54	0,42	0,54	1,08	-
Всего	-		2,19	2,19	1,3	1,06	0,71	0,71	1,06	1,3	1,3	1,06	1,3	2,19	16,37

Также для наглядной оценки общего потребления приборами в заданном промежутке времени с 22 до 9 часов утра следует привести график потребления, который представлен на рисунке 23 ниже. Из него видно, что общая потребляемая мощность в данном интервале времени равна 16,37 кВт·ч.

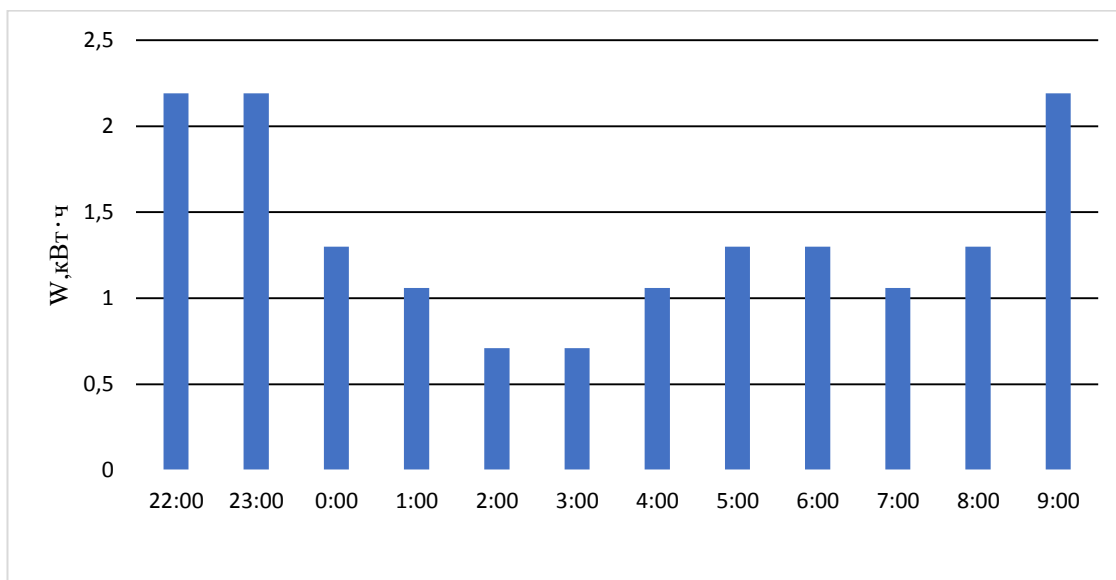


Рисунок 23 – Энергопотребление оборудования с 22:00 до 9:00

Эти данные следует подкрепить расчетом суммарной потребляемой мощности (1), данные для которого следует взять из таблицы 2:

$$W_{\text{сум}} = W_{22:00} + W_{23:00} + W_{0:00} + W_{1:00} + W_{2:00} + W_{3:00} + W_{4:00} + W_{5:00} + W_{6:00} + W_{7:00} + W_{8:00} + W_{9:00}; \quad (1)$$

где  $W_{\text{сум}}$  - суммарная потребляемая мощность, кВт·ч;

$W_{22:00...9:00}$  – мощность потребляемая в час кВт·ч.

$$W_{\text{сум}} = 2,19 + 2,19 + 1,3 + 1,06 + 0,71 + 0,71 + 1,06 + 1,3 + 1,3 + 1,06 + 1,3 + 2,19 = 16,37 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

Далее требуется рассчитать среднюю потребляемую мощность в заданном временном промежутке (2):

$$P_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{сум}}}{T_{\text{раб}}}; \quad (2)$$

где  $P_{\text{ср}}$ - средняя потребляемая мощность, кВт;

$W_{\text{сум}}$ - суммарная потребляемая мощность, кВт·ч;

$T_{\text{раб}}$  – общее время работы, ч.

$$P_{\text{ср}} = \frac{16,37}{12} = 1,36 \text{ кВт};$$

### **Подбор солнечных панелей**

Выбор фотоэлементов для солнечной станции следует начать с задания ориентации данных модулей по сторонам света. Здесь следует учесть, что наиболее оптимальной ориентацией является направление модулей на юг ради достижения максимальной выработки электрической энергии. Именно поэтому в данном проекте солнечные панели будут иметь ориентацию на ЮГ.

Следующим шагом является задание угла наклона панелей. В данном случае, по заявлениям ведущих производителей, оптимальным углом для получения наибольшего КПД в Самарской области является угол  $54^{\circ}$ , но так как данный проект подразумевается, как наиболее экономичный и требующий минимума затрат при эксплуатации, то следует учесть, что данная солнечная станция будет использоваться круглогодично. Из этого следует что оптимальным углом наклона будет являться так называемый «зимний» угол равный  $69^{\circ}$ .

Наглядно его можно увидеть на рисунке 24.

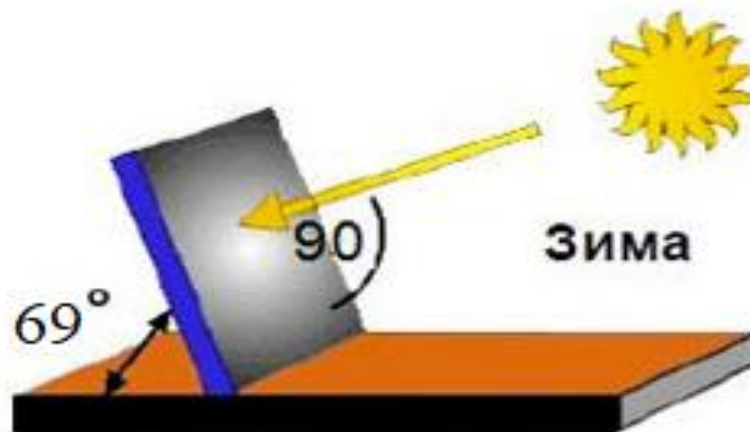


Рисунок 24 – Зимний угол наклона солнечной панели для Самарской области

Данный угол называется «зимним» благодаря тому, что он обеспечивает наилучший скат снега в зимнее время с солнечных панелей, благодаря чему не требуется дополнительная очистка при помощи служебного персонала.

После того как была задана ориентация и угол установки солнечных панелей, требуется узнать среднюю ежедневную выработку электрической мощности, чтобы благодаря ней произвести подбор панелей с наиболее оптимальными параметрами.

В наше время существует множество метеорологических сервисов, которые занимаются отслеживанием количества, попадающего на земную поверхность, солнечного излучения. Воспользовавшись одним из таких сервисов [7], была выяснена солнечная инсоляция на территории Самарской области. Полученные данные можно наблюдать на графике изображенном на рисунке

25.

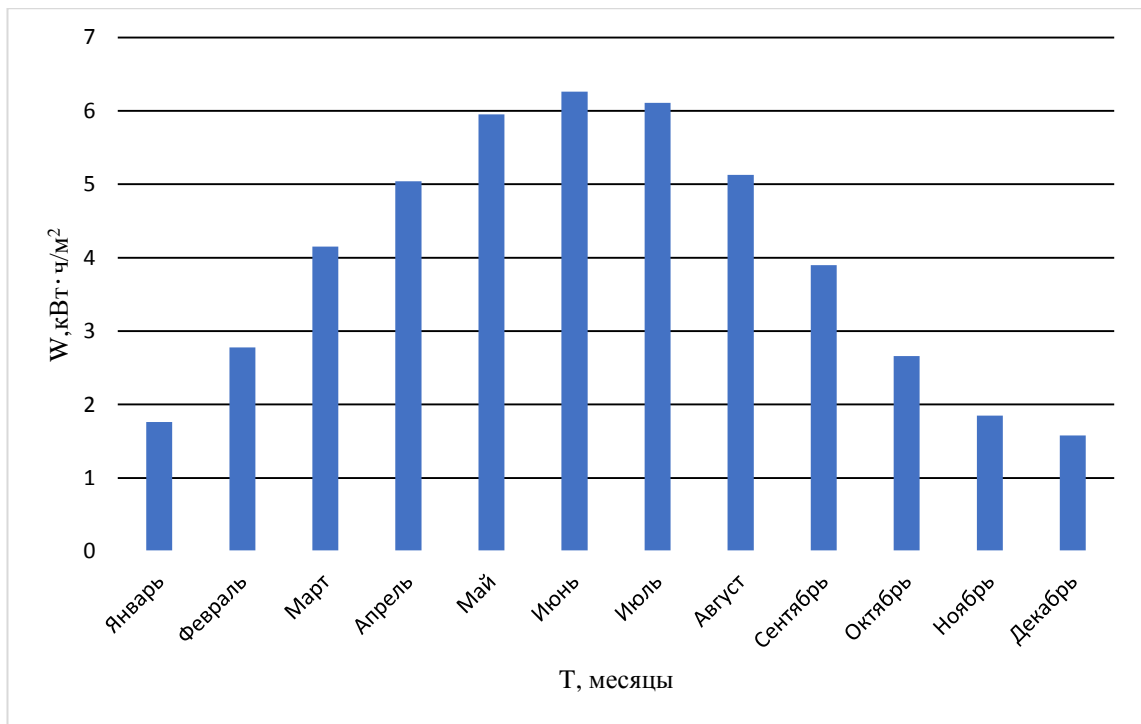


Рисунок 25 – График ежедневно поступающей солнечной энергии на квадратный метр на территории Самарской области по месяцам

В конечном счете при помощи данного графика был проанализирован потенциал применения солнечной энергии на территории Самарской области, и в городе Тольятти в целом, можно сделать выводы, что в разное время года на поверхность земли будет падать от 1,76 до 6,26 кВт солнечной энергии.

Следовательно, чтобы с достатком перекрыть потребности питания данного объекта в промежутке с 22:00 до 9:00 можно применить поликристаллические солнечные панели SilaSolar 340Вт PERC (5BB) [13] в количестве 48 штук. Ниже на рисунке 26 представлен график выработки энергии электростанцией на таких солнечных фотоэлементах в представленном количестве.

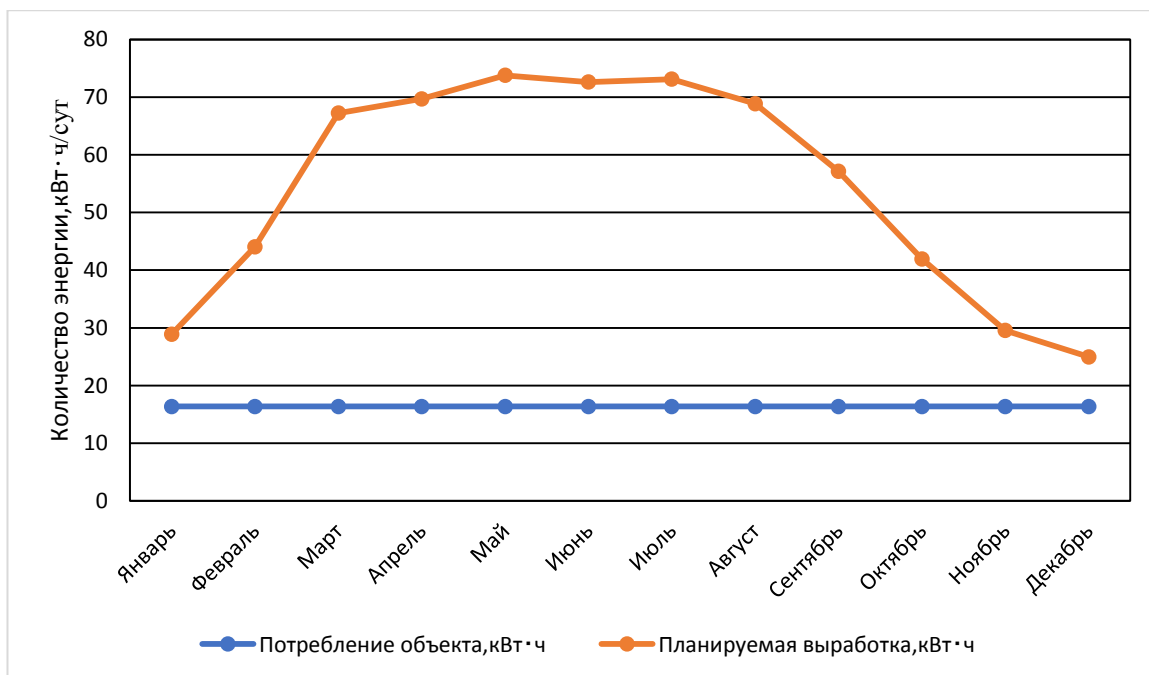


Рисунок 26 – Выработка электрической энергии солнечной станции на основе 48 модулей SilaSolar 340Вт PERC (5BB) в сравнении с потребляемой нагрузкой

На рисунке 27 и в таблице 3 можно увидеть внешний вид выбранных солнечных элементов, а также их технические характеристики.

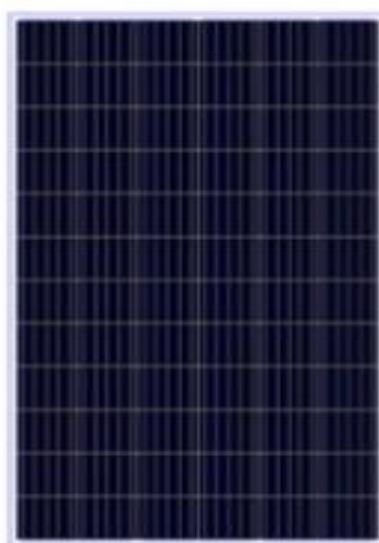


Рисунок 27 – Внешний вид солнечных панелей SilaSolar 340Вт PERC (5BB)



Таблица 3 – Технические характеристики солнечных панелей SilaSolar 340Вт PERC (5BB)

Технические характеристики	SilaSolar 340Вт PERC (5BB)
Модель	SIP340 PERC ( 5BB )
Тип	Поликристаллический PERC
Мощность	340 Ватт
Количество элементов	72шт ( 6 × 12 )
Размер элементов	156 × 156 мм
Вольтаж без нагрузки	45,84 В
Рабочий вольтаж	37,42 В
Рабочий ток	9,09 А
Максимальный вольтаж, В	1000
Эффективность модуля, %	18,11
Эффективность ячейки, %	19,01
Солнечный элемент	PERC 5BB ( 5 bus bar)

### Подбор АКБ и инверторов электрической энергии

Дальнейшей частью подбора элементов солнечной станции является выбор аккумуляторных батарей и инверторов электрической энергии. Номинальным напряжением батарей, применяемых в составе солнечных станций, считается 12 вольт. Для продления срока службы работы аккумуляторов глубину их разряда следует принять равной 30 %. Следовательно, теперь можно произвести расчет их ёмкости (3):

$$E_{\text{треб}} = \frac{W_{\text{сум}}}{U_{\text{АКБ}} \cdot k}; \quad (3)$$

где  $E_{\text{треб}}$  - требуемая от аккумуляторов емкость, А·ч;

$W_{\text{сум}}$  - суммарная потребляемая электроэнергия, кВт·ч;

$U_{\text{АКБ}}$  - напряжение АКБ, В;

$k$  - коэффициент глубины разряда.

$$E_{\text{треб}} = \frac{16370}{12 \cdot 0,7} = 1949 \text{ А} \cdot \text{ч};$$

Так как теперь известна требуемая ёмкость, а также в открытом доступе находятся технические характеристики любых возможных АКБ, то теперь можно определить их необходимое количество из формулы ниже (4):

$$N = \frac{E_{\text{треб}}}{E_{\text{ячейки}}}; \quad (4)$$

где  $N$  - количество АКБ,

$E_{\text{ячейки}}$  - емкость одной ячейки, А·ч.

$$N = \frac{1949}{200} = 9,745;$$

Опираясь на представленный расчет выбираются аккумуляторы SunStonePower ML12-200 [14] в количестве 10 штук и общей емкостью равной  $E=2000$  А·ч,  $U=12$  Вольт. Данные аккумуляторные батареи следует подключить параллельно.

Ниже на рисунке 28 представлен внешний вид данных АКБ, а в таблице 4 его технические характеристики.



Рисунок 28 – Внешний вид аккумуляторной батареи SunStonePower ML12-200

Таблица 4 – Технические данные аккумуляторной батареи SunStonePower ML12-200

Технические характеристики	SunStonePower ML12-200
Модель	SunStone Power ML 12V 200Ah AGM
Напряжение	12 В
Емкость	200 Ач
Фактическая емкость при 10-ти часовом цикле разряда	211 Ач
Клеммы	M8
Циклический режим	14.2-14.4В
Буферный режим	13.5-13.8В
Максимальное напряжение заряда	14,8 В
Минимальное напряжение заряда	10,6 В
Максимальный ток заряда	60 А
Максимальный ток разряда	2000 А ( 5 сек )
Ток короткого замыкания	3300 А
Внутреннее сопротивление	3 мОм
Габариты, мм	522x240x218
Вес	60 кг

Следующим этапом выбора оборудования является подбор инверторов электрической энергии, которые обеспечивают преобразование полученных 12 В постоянного напряжения от аккумуляторных батарей в 220 В переменного, которые будут направлены к конечному потребителю.

Он должен соответствовать всем требуемым параметрам, а также обеспечивать необходимую выходную мощность, частоту и иметь возможность перевода работы объекта от сетевого питания на питание аккумуляторных батарей в заданный промежуток времени.

Так как суммарная мощность, потребляемая в промежутке с 22:00 до 9:00, равна 16,37 кВт·ч, то следует учесть, что на данный момент ещё не один инвертор не имеет возможности перерабатывать нужного количества электрической энергии. Опираясь на все эти аспекты были подобраны гибридные солнечные инверторы SILA 5000M Plus (PF 1.0) [15] в количестве 4 штук. Ниже на рисунке 28 представлен внешний вид данного инвертора, а в таблице 5 его технические характеристики.



Рисунок 28 – Внешний вид гибридного инвертора SILA 5000M Plus

Таблица 5 – Технические характеристики гибридного инвертора SILA 5000M Plus

Технические характеристики	SILA 5000M Plus (PF 1.0)
Модель	SILA 5000M Plus (PF 1.0)
Тип устройства	Бестрансформаторный
Мощность	5000Ва / <b>5000Вт</b>
Пиковая мощность	10000ВА / <b>10000Вт</b> ( < 5 сек )
Входное напряжение от АКБ	48 В
Коммуникационный порт	USB
Функция удаленного ( через интернет ) управления и мониторинга	Есть
Функция мониторинга и оповещения через сотовую сеть	Есть
Возможность параллельного подключения	Есть
Форма выходного сигнала	Чистый синус
Встроенный контроллер заряда	MPPT
Выходное напряжение	230В +-5%
Частота	50 гц
КПД	93%
Защита от перегрузки	110-150% - 10 с ; >150% - 5 с
Номинальное входное напряжение DC	48 В
Собственное потребление	1 А / 50 Вт
Ток заряда	10 - 60 А ( задается программно )
Максимальное напряжение аккумуляторов	58,4
Напряжение аккумуляторов в буферном режиме	54
Максимальная мощность солнечных батарей	4000 Вт
Ток заряда	10 - 80 А ( задается программно )
Номинальное напряжение аккумуляторов	48 В

Продолжение таблицы 5

Нижний и верхний пороги напряжения аккумуляторов	задаются программно
Максимальное напряжение солнечных батарей	145 В
Диапазон рабочего напряжения солнечных батарей	60 - 115 В
Максимальная сила тока	140 А
Сила тока ( по умолчанию )	50 А
Форма входного сигнала	Чистый синус ( сеть или генератор )
Номинальное входное напряжение	230В +-5%
Допустимое значение входного напряжения	90~280VAC (Обычный режим), 170~280VAC (UPS режим)
Температура хранения, С	от -15°С до +60°
Рабочая температура, С	от 0°С до + 55°
Влажность	5~95%
Габариты, мм	468 × 295 × 120
Вес нетто, кг	13,5

Конечным итогом данных расчетов можно отметить, что для данного объекта будет значительно проще применить уже готовый набор солнечной электростанции, которые изготавливаются компанией «Технолайн» в городе Москва. Рекомендуется применение солнечной станции «Предприятие-3» (Независимость) [16].

Данная рекомендация основывается на том, что в данном наборе также применяются 48 солнечных панелей SilaSolar 340Вт PERC (5BB), 4 гибридных солнечных инвертора SILA 5000M Plus (PF 1.0), но вместо 10 расчетных аккумуляторных батарей SunStonePower ML12-200 (1949 А·ч × 12В) будут применены 28 АКБ SunStonePower ML12-200 общей емкостью 67,2 кВт·ч (1400 А·ч, 48В), а также все требуемые кабели, модули управления, устройства защиты и т.д.

Вкупе всё это обеспечивает полное покрытие всех потребностей по электрической энергии в заданном промежутке времени, а также даёт возможность для изменения списка подключенных потребителей, так как данный комплект имеет возможность обеспечивать объект  $\leq 20$  кВт электрической энергии, что при действующих 16,37 является запасом равным 3,63 кВт или 22,18 %.

### 3.2 Проектирование совместной работы, централизованной и альтернативной систем электроснабжения

Закончив с этапом подбора требуемого оборудования и остановившись на варианте применения готового комплекта солнечной электростанции «Предприятие-3» (Независимость), следующим этапом будет являться проектирование совместной работы централизованной городской сети и сети альтернативного источника питания.

Ниже на рисунке 29 представлена наглядное изображение как будет происходить обеспечение питания объекта в таком формате.



Рисунок 29 – Наглядное изображение питания потребителя с применением альтернативного источника питания и централизованной сети

Ключевым фактором выбора данного комплекта альтернативной электростанции стала не только генерация электрической энергии в нужных объемах, но и применение в её составе гибридных инверторов, которые на данный момент являются самыми совершенными, т.к. они построены на микропроцессорной схемотехнике, что обеспечивает возможность их программирования.

Именно благодаря этому появляется возможность параллельной работы централизованной сети и источников альтернативного питания. В используемых инверторах имеется возможность выставления таймера переключения с одного источника энергии, в данном случае централизованной сети, на альтернативный.

То есть при монтаже данной солнечной станции во время настройки инверторов должно будет быть выставлено время переключения, которое в дальнейшем также будет возможно изменять самостоятельно, для того чтобы произвести более точную подстройку в зависимости от климатических условий и сезонности.

Также возвращаясь к возможностям программирования данных инверторов, следует указать что они имеют возможность дозаряжать АКБ от централизованной сети, если солнечные панели не будут с этим справляться ввиду плохой погоды или каких-то прочих факторов [17].

Ниже на рисунке 30 представлена схема питания объекта от альтернативного источника питания совместно с централизованной сетью.



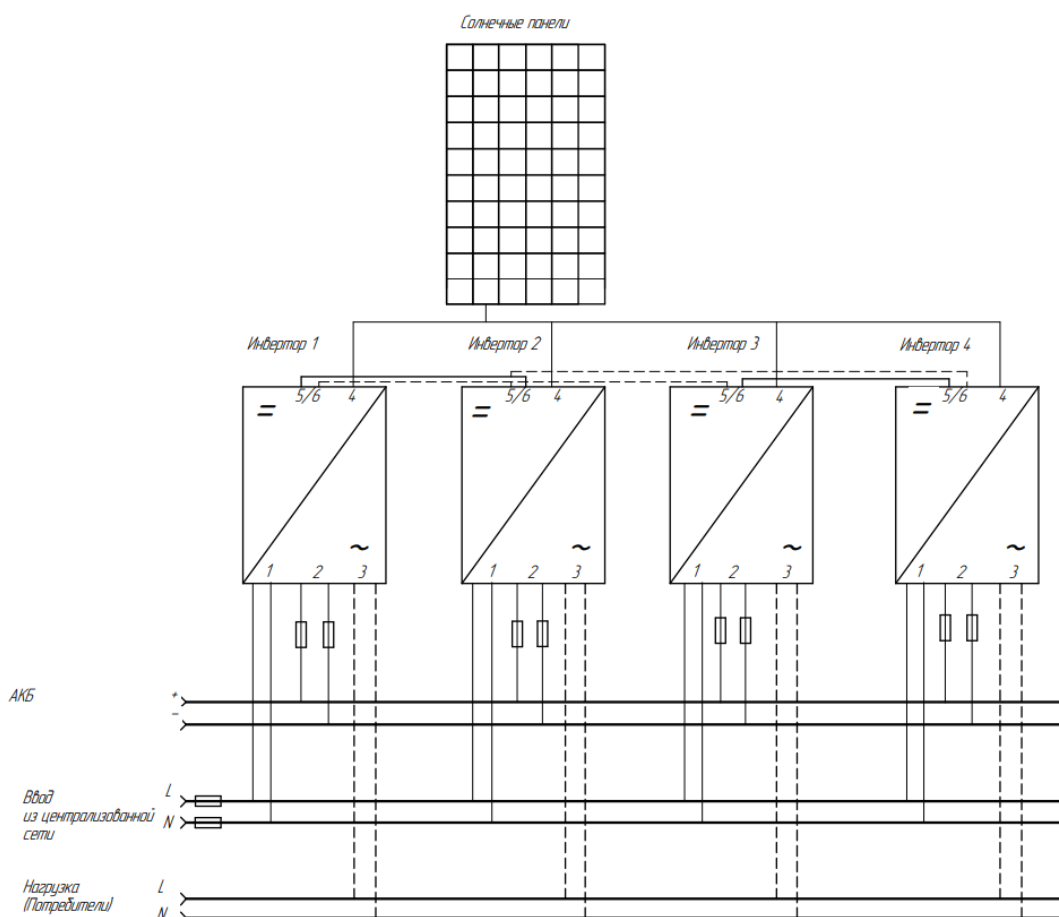


Рисунок 30 - Схема питания объекта от альтернативного источника энергии параллельно с централизованной сетью

## Вывод

В данном разделе была разработана система электроснабжения объекта на основе альтернативного источника питания, представленного автономной солнечной станцией, было рассчитано электропотребление мойки самообслуживания в период с 22:00 до 9:00, произведены расчеты, требуемые для подбора солнечных панелей, АКБ и инверторов, что в конечном итоге привело к выбору солнечной станции «Предприятие-3» (Независимость) от компании «Технолайн».

#### 4. Оценка эффективности применения альтернативной системы электроснабжения

Произведя разработку системы параллельной работы, централизованной и альтернативной систем электроснабжения следует оценить разницу потребляемого количества электрической энергии с применением альтернативного источника и без него [19].

Так как в данном проекте питание от автономной солнечной станции производится только в ночное время суток (с 22:00 до 9:00) и в таблице 2 произведён расчет среднего количества полной потребляемой электрической энергии равной  $S_{\text{потрб}}=16,37$  кВт·ч, следовательно, при дальнейших расчетах, будем использовать именно эти данные для расчета месячной экономии, так как именно это потребление электрической энергии в данный момент компенсируется при помощи альтернативного источника энергии.

Итак, следует начать с расчета фактической экономии, опираясь на имеющиеся выше данные. Рассчитаем месячную экономию электрической энергии по формуле (5) представленной ниже:

$$\Delta P = S_{\text{потр}} \cdot T_{\text{раб}}; \quad (5)$$

где  $\Delta P$ - общая сэкономленная электроэнергия в месяц, кВт·ч;

$S_{\text{потр}}$ - потребляемая электроэнергия, кВт·ч;

$T_{\text{раб}}$ - количество рабочих дней в месяц.

$$\Delta P = 16,37 \cdot 31 = 507,47 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

Далее следует определить годовую экономию, исходя из полученных в формуле (5) данных. Годовая экономия определяется по формуле (6):

$$\Delta P_{\text{Годовая}} = \Delta P \cdot 12; \quad (6)$$

где  $\Delta P_{\text{годовая}}$  - общая сэкономленная электроэнергия в год, кВт·ч.

$$\Delta P_{\text{годовая}} = 507,47 * 12 = 6089,64 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

В конечном счете, годовая экономия на данной мойке самообслуживания будет составлять 6089,64 кВт·ч, если же применять питание от альтернативного источника только в ночное время.

Оценив фактическую экономию потребляемой электрической энергии для данной мойки самообслуживания, есть смысл произвести расчет, который сможет показать экономию, связанную с заявленной производителем планируемой выработкой электроэнергии выбранным комплектом солнечной электростанции «Предприятие-3» (Независимость) в год на территории Самарской области. Данный расчет будет произведён по формуле (7), представленной ниже.

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{годовая}} = & (\Delta P_1 \cdot 31) + (\Delta P_2 \cdot 31) + (\Delta P_3 \cdot 30) + (\Delta P_4 \cdot 31) + (\Delta P_5 \cdot \\ & 30) + (\Delta P_6 \cdot 31) + (\Delta P_7 \cdot 31) + (\Delta P_8 \cdot 31) + (\Delta P_9 \cdot 30) + (\Delta P_{10} \cdot 31) + (\Delta P_{11} \cdot \\ & 30) + (\Delta P_{12} \cdot 31); \end{aligned} \quad (7)$$

где  $(\Delta P_1 \cdot 31) \dots (\Delta P_{12} \cdot 31)$ - планируемая сэкономленная электроэнергия за счет использования альтернативного источника энергии по месяцам, кВт·ч.

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{годовая}} = & (28,89 \cdot 31) + (44,06 \cdot 31) + (67,24 \cdot 30) + (69,69 \cdot 31) \\ & + (73,77 \cdot 30) + (72,62 \cdot 31) + (73,11 \cdot 30) + (68,87 \cdot 31) \\ & + (57,1230) + (41,94 \cdot 31) + (29,54 \cdot 30) + (24,97 \cdot 31) \\ = & 19904,71 \text{ кВт} \cdot \text{ч}; \end{aligned}$$

Следовательно, применяя данную солнечную электростанцию «Предприятие-3» (Независимость) на территории Самарской области не только в ночное, но также и дневное время, появляется возможность сэкономить 19904,71 кВт·ч в год.

### **Вывод**

Итак, применяя автономную солнечную электростанцию «Предприятие-3» (Независимость) на территории Самарской области для питания данного объекта только в ночное время (с 22:00 до 9:00), в год возможно сэкономить 6089,64 кВт·ч электрической энергии. Если же применять представленную автономную солнечную электростанцию в дневное время не только для зарядки АКБ, но и для нужд самой мойки самообслуживания, то экономия возрастёт до 19904,71 кВт·ч в год.

## Заключение

В данной работе были рассмотрены большинство видов применяемой в наше время альтернативных источников энергии, а также выбран один из наиболее перспективных среди них, являющийся солнечной энергетикой.

Далее была произведена оценка потребления электрической энергии выбранного объекта малого бизнеса на основе мойки самообслуживания на 6 постов, рассмотрена его система освещения и общая электрическая сеть до добавления к ней альтернативного источника питания.

И только после этого была спроектирована система электроснабжения на основе комплекта автономной солнечной электростанции «Предприятие-3» (Независимость) от производителя «Технолайн», в который входит всё требуемое для её работы оборудование, представленное 48 солнечными панелями SilaSolar 340Вт PERC (5BB), 4 гибридными инверторами SILA 5000M Plus (PF 1.0) и 28 АКБ SunStonePower ML12-200 общей емкостью 67,2 кВт·ч (1400 А·ч, 48В). И, в конечном счете, была разработана схема параллельного питания от централизованной и альтернативного источников энергии для выбранной мойки самообслуживания на 6 постов.

Также был произведён анализ энергоэффективности выбранных мероприятий и получены данные по экономии элеткроэнергии в различных вариантах применения.

В итоге, можно сказать, что применение альтернативных источников питания крайне положительно сказывается на экономии электрической энергии, т.к., во-первых, малому бизнесу важно применять любые возможные варианты для уменьшения затрат на содержание объекта, что ведёт к увеличению прибыли, а также, во-вторых, данный вид электрической энергии является неиссякаемым, что положительно сказывается на уменьшении потребления иссекаемых видов топлива, которые в наше время применяются для выработки электроэнергии.

## Список используемых источников

1. «Бетаэнерджи» - г. Санкт-Петербург [Электронный ресурс], <https://www.betaenergy.ru/insolation/samara/> Значение солнечной инсоляции в г. Самара (Самарская область) (Дата обращения: 15.04.2021);
2. ГК «ХЕВЕЛ» - г. Москва [Электронный ресурс], <https://www.hevelsolar.com/b2c/> виды модулей /гетероструктурные модули (дата обращения:30.01.2021);
3. ГК «ХЕВЕЛ» - г. Москва [Электронный ресурс], <https://samara.hevelsolar.com/catalog/solnechnye-moduli/> виды модулей /гетероструктурные модули (дата обращения:30.01.2021);
4. ОАО « Ардатовский светотехнический завод» - г. Ардатовск [Электронный ресурс], <http://astz.ru/ru-production/lineynyiy-promyishlenyyiy-svetilnyk-serii-lsp44-flagman/> линейный промышленный светильник серии ЛСП 44 Flagman (Дата обращения: 05.04.2021);
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий (с изменениями на 15 марта 2010 года). Введен 2003-04-08;
6. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Введен 1996-01-01;
7. «Технолайн» - г. Москва [Электронный ресурс], <https://e-solarpower.ru/solar/solar-panels/poli-panel/solnechnaya-batareya-silasolar-340vt-perc-5bb/> Солнечная батарея SilaSolar 340Вт PERC ( 5BB ) (Дата обращения: 16.04.2021);
8. «Технолайн» - г. Москва [Электронный ресурс], <https://e-solarpower.ru/batteries/agm-bat/akkumulyator-agm-sunstonepower-ml200/> Аккумулятор SunStonePower ML12-200 (Дата обращения: 16.04.2021);
9. «Технолайн» - г. Москва [Электронный ресурс], <https://e-solarpower.ru/solar/inverter/hybrid-inv/gibridnyy-solnechnyy-invertor-sila-5000m->

[plus-pf1.0/](#) Гибридный солнечный инвертор SILA 5000M Plus (PF 1.0) (Дата обращения: 16.04.2021);

10. «Технолайн» - г. Москва [Электронный ресурс], <https://e-solarpower.ru/solar/solnechnye-elektrostantsii-dlya-predpriyatij/nezavisimost/solnechnaya-elektrostantsiya-predpriyatie-3-nezavisimost/> Солнечная электростанция «Предприятие-3» (Независимость) (Дата обращения: 18.04.2021);

11. «Технолайн» - г. Москва [Электронный ресурс], <https://e-solarpower.ru/solar/inverter/invaccessories/modul-parallelnogo-podklucheniya-sila/> Модуль параллельного подключения SILA (Дата обращения: 02.05.2021);

12. Трансформатор 220.ru: Всё о трансформаторах – Характеристики, виды, устройство, схемы // Трансформаторы ТДН, ТРДН, ТДНС, ТРДНС, ТРДЦН [Электронный ресурс] <https://transformator220.ru/harakteristiki/silovye/tdn-trdn-tdns-trdns-trdtsn.html> (дата обращения 02.05.2021);

13. Федеральный закон №261, "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", введен 23.11.2009 (последняя редакция);

14. «Энергосистемы и технологии» - г. Дзержинский [Электронный ресурс], <http://camelion.ru/katalog/lampy/lyuminestsentnye-lampy/lyum-lampa-ft8-15w33> Люминисцентная лампа - FT8-15W/33 (Дата обращения: 05.04.2021);

15. Byron G Byraiah, P.E. Member IEEE, Life Member Beta, Gamma, Sigma. Electrical Engineering. WBDG February 2016. 7 p.

16. Jake Moran. Energy use in commercial buildings. U.S. Energy Information Administration. September 2018. 3 p.

17. Kassymkhan I. Khamidullin. The Power Supply of Public Buildings of the Leningrad Region Based on Alternative Energy Sources. Conference Paper · January 2019. 24 p.

18. Keelan Potts, Mikolaj Harding. Electrical and lighting requirements – public buildings. Electrical life study October 2018. 11 p.

19. «Orient» - Китай [Электронный ресурс], <https://market.yandex.ru/product--prozhektor-svetodiodnyi-15-vt-orient-sal-140wh/676242830?track=tabs> прожектор светодиодный 15Вт Orient SAL-140 Wh (Дата обращения: 05.04.2021);

20. Umair Li, Keagan Benson, Troy Mccall. Cu and Al cables for placing in buildings. TF-cable publishing platform. November 2017. 6 p;