

Конкурс: «Первые шаги в науке»

Научно-исследовательская работа

на тему: **«Альтернативные источники энергии
в строительстве энергосберегающих домов»,**

Секция «Техническое творчество»,

Номинация: «Энергетика энергосберегающие технологии»,

средняя группа (5-7 класс)

Выполнила
Козлова Карина
Ученица 5 «Д» класса
МБОУ «Лицей №7»
г. Новочеркасска

Руководитель работы
Малышева Ольга Андреевна.
учитель географии
МБОУ «Лицей №7»
г. Новочеркасска

Содержание

Содержание	2
1.Актуальность темы;	3
2. Энергосберегающий дом 21 века:	4
2.1 Разновидности энергосбережения.	4
2.2 Современные технологии строительства;	5
2.3 Ветряная энергетика;	7
2.4 Солнечная энергетика в России и Ростовской области.	7
3. Солнечные батареи, их виды и возможность применения;	10
4.Показатели освещённости в Ростовской области;	12
5. Эксперимент по зарядке аккумулятора от солнечной батареи:	14
5.1 Инструменты и материалы;	14
5.2 Сборка модели	14
5.3 Проведения опыта	14
5.4 Результат	18
6. Анализ эксперимента и выводы	19
Список литературы	20

1. Актуальность темы

XX век можно назвать веком технического прогресса. В течение этого столетия технологии и наука развивались ускоренными темпами, возможно, больше, чем в любое другое столетие. Некоторые факторы, которые способствовали прогрессу: быстрая индустриализация, урбанизация и глобализация, мировые войны. Но вместе с прогрессом, в отдельных отраслях, пришли и новые вызовы для всего человечества. Итак в 21 веке перед нами ставятся новые проблемы, от которых будет зависеть жизнь человечества в будущем. К ним относятся:

- экологические проблемы (глобальное загрязнение планеты результатами производственной деятельности и жизнедеятельности человека, глобальное изменение климата, таяние ледников, озоновые дыры, парниковый эффект, массовое уничтожение лесов и т.д.);
- проблема истощения природных ресурсов;
- проблемы мирного сосуществования стран и народов (угроза ядерной войны).

Может ли отдельный человек повлиять на эти сложные вопросы? Здесь ответ скорее да, чем нет. Так как данные вопросы надо решать всем людям в целом. И начинать необходимо с воспитания и отношения людей к данным проблемам.

В виду таких сложных вызовов 21 века, считаю, что задача подрастающего поколения, как минимум, заключается в том, что мы должны знать и понимать эти проблемы. Изучать возможные пути их решения.

Цель моей работы изучить информацию об одном из возможных источников ресурсосбережения – солнечной энергетике и использование её в повседневной жизни.

Задача проекта изучить, как устроены солнечные батареи. Наглядно рассмотреть, с помощью небольшого эксперимента, как происходит процесс зарядки аккумуляторной батареи. Проанализировать эффективность использования солнечных батарей в частном строительстве.

2. Энергосберегающий дом 21 века

Люди стали все больше задумываться о сохранении экологии и балансе между человеком и природой. Примером домов, которые в будущем позволят человеку жить в гармонии с природой, в то же время не лишая себя привычного комфорта, являются жилища нулевой энергии (zero energy house) или пассивные дома (passive house). Объединяемые общим термином «энергосберегающие дома» (дом, в котором комфортная температура поддерживается зимой без применения системы отопления, а летом – без применения системы кондиционирования).

Энергосберегающий дом - явление, возникшее в эпоху массового энергопотребления. В этой связи появилась потребность строительства таких домов, которые будут потреблять меньше энергоресурсов.

Энергосберегающий дом конструируется таким образом, чтобы обеспечивать наименьшее потребление энергии, что достигается за счет уменьшения теплопотерь. Часто путают понятие «энергосберегающий» и «умный» дом. Разница в том, что в «умном доме» стоит задача контроля энергопотребления. В пассивном же доме всё направлено на экономию электроэнергии. Каждая его часть сооружена по этому принципу. В результате образуется автономная энергосистема, позволяющая поддерживать нужную температуру в доме практически без использования отопления. Широко используются в энергосберегающих домах солнечные коллекторы и источники возобновляемой энергии. Они позволяют получать электроэнергию практически даром.

2.1.Разновидности энергосбережения

Энергосбережение в строительстве жилых помещений условно можно разделить на 2 категории: использование энергосберегающих материалов при строительстве и применение энергосберегающих технологий.

К энергосберегающим материалам относятся:

- Использование утеплителей и теплоизоляционных материалов. Они снижают теплопотери через стены и крыши здания, что позволяет сократить затраты на отопление и кондиционирование воздуха.
- Установка качественных современных окон и дверей. Это позволяет минимизировать теплопотери через окна.
- Установка инфракрасных систем отопления. Они позволяют снизить энергозатраты на 70–75%.

К энергосберегающим технологиям относятся:

- Использование возобновляемых источников энергии. Установка солнечных панелей, ветрогенераторов и геотермальных систем позволяет генерировать электроэнергию без выброса углекислого газа.

- Применение энергоэффективных технологий строительства. Например, использование специальных материалов, которые способны сохранять тепло или производить энергию, а также применение систем управления энергопотреблением.

- Применение рекуперации тепла в системах вентиляции. Входящий чистый воздух обогревается исходящим тёплым без смешения между собой.

2.2 Современные технологии строительства

К современным технологиям строительства можно отнести:

- использование современных тепло сберегающих материалов для возведения стен (технология каркасного строительства, газобетонные блоки, древесина);

- правильное применение архитектурных нюансов строительства (правильное расположение относительно освещенности, компактность относительно выпирающих элементов дома, буферные зоны, ограждающие жилые контакты от контакта с улицей, правильное естественное освещение, эффективные конструкции кровли и т.д.);

- применения современной теплоизоляции стен, кровли. Широко распространены на сегодняшний день минеральная вата и пенополистирол. Так же применяют прогрессивные технологии, например – вентилируемый фасад. Стены дома обшиваются плитами из минеральной ваты, а облицовочные панели из камня, металла или других материалов монтируются на специальный каркас. Между слоем утеплителя и каркасом остается небольшой зазор, который играет роль «тепловой подушки», не позволяет намокать теплоизоляции и поддерживает оптимальные условия в жилище.;

- теплоизоляция оконных проёмов. На окна приходится 20% теплопотерь дома. Хотя современные стеклопакеты лучше, чем старые деревянные окна, защищают дом от сквозняков и изолируют помещение от внешнего воздействия, они не идеальны. Более прогрессивными вариантами для энергосберегающего дома являются:

1. Селективные стекла, которые работают по принципу земной атмосферы. Они впускают коротковолновое излучение, но не выпускают тепловые лучи, создавая «парниковый эффект».

2. Селективные стекла с инертным газом максимально сокращают теплопотери через окна. Теплопроводность используемого инертного газа ниже, чем воздуха, поэтому дом почти не теряет через них теплоту.

- теплоизоляция пола и фундамента. Через фундамент и пол первого этажа теряется по 10% теплоты. Пол утепляют теми же материалами, что и стены, но можно использовать и другие варианты: **наливные теплоизоляционные смеси, пенобетон и газобетон**. Можно утеплить не пол, а потолок подвала, если подобный предусмотрен проектом.

Фундамент лучше утеплять снаружи, что поможет защитить его не только от промерзания, но и от других негативных факторов, в т.ч. влияния грунтовых вод, перепадов температур и т.д. В целях утепления фундамента используют напыляемый полиуретан, керамзит и пенопласт;

- использование технологии рекуперации тепла. Тепло из дома уходит не только через стены и кровлю, но и через вентиляционную систему. Чтобы уменьшить расходы на отопление используют приточно-вытяжные вентиляции с рекуперацией.

Рекуператором называют теплообменник, который встраивается в систему вентиляции. Принцип его работы заключается в следующем. Нагретый воздух через вентиляционные каналы выходит из комнаты, отдает свое тепло рекуператору, соприкасаясь с ним. Холодный свежий воздух с улицы, проходя сквозь рекуператор, нагревается, и поступает в дом уже комнатной температуры. В результате домочадцы получают чистый свежий воздух, но не теряют тепло. Подобная система вентиляции может использоваться вместе с естественной: воздух будет поступать в помещение принудительно, а выходить за счет естественной тяги. Есть еще одна хитрость. Воздухозаборный шкаф может быть отнесен от дома на 10 метров, а воздуховод проложен под землей на глубине промерзания. В этом случае еще до рекуператора летом воздух будет охлаждаться, а зимой – нагреваться за счет температуры почвы;

- водоснабжение и канализация. В идеале, энергосберегающий дом должен получать воду из скважины, расположенной под жилищем. Но когда вода залегает на больших глубинах или качество ее не отвечает требованиям, от подобного решения приходится отказываться.

Бытовые стоки можно пропускать через рекуператор и отбирать у них теплоту. Для очистки сточных вод можно использовать септик, где преобразование будет совершаться за счет анаэробных бактерий. Полученный компост является хорошим удобрением.

Для экономии воды неплохо бы уменьшить объем сливаемой воды. Кроме того, можно воплотить в жизнь систему, когда вода, используемая в ванной и раковине, применяется для слива в унитазе.

Очень важными пунктами при разработках энергосберегающих домов является обеспечение их теплого- и энергоснабжением. Для этого активно используют ветряную и солнечную энергетику.

2.3 Ветряная энергетика;

Энергия ветра может преобразовываться в электричество не только большими ветряными установками, но и с помощью компактных «домашних» ветряков. В ветряной местности такие установки способны полностью обеспечивать электроэнергией небольшой дом, в регионах с невысокой скоростью ветра их лучше использовать вместе с солнечными батареями.

Сила ветра приводит в движение лопасти ветряка, которые заставляют вращаться ротор генератора электроэнергии. Генератор вырабатывает переменный нестабильный ток, который выпрямляется в контроллере. Там происходят зарядка аккумуляторов, которые, в свою очередь, подключены к инверторам, где и идет преобразование постоянного напряжения в переменное, используемое потребителем. Ветряки могут быть с горизонтальной и вертикальной осью вращения. При разовых затратах они надолго решают проблему энергонезависимости.

Согласно данным Интерфакс по Ростовской области "За 2023 год выработка электроэнергии ветроэлектростанциями составила 1,828 млрд кВт.ч, плановый показатель на 2024 год - 1,925 млрд кВт.ч. Ростовская область третий год подряд признана лидером комплексного регионального инвестиционного рейтинга в области возобновляемых источников среди регионов России".

Исходя из этой информации следует вывод, что применение ветряной энергии в Ростовской области является перспективным направлением.

2.4 Солнечная энергетика в России и Ростовской области

Солнечная энергетика – это отрасль науки и техники, разрабатывающая научные основы, методы и технические средства использования энергии солнечного излучения на Земле и в космосе для получения электрической, тепловой или других видов энергии и определяющая области и масштабы эффективного использования энергии Солнца в экономике страны [5].

Солнечная энергия – самый доступный и недорогой источник энергии. Существует много примеров использования солнечной энергии в частном доме: обеспечение горячей водой, отопление помещений, кондиционирование воздуха, бытовые печи, получение электрической энергии. Использование солнечного света для производства электроэнергии не так распространено, но уже в ближайшем будущем ситуация рискует резко измениться. Принцип

работы солнечной батареи очень прост: для преобразования солнечного света в электричество используется р-п переход. Направленное движение электронов, провоцируемое солнечной энергией, и представляет собой электричество.

В Энергетической стратегии РФ на период до 2035 года подчеркивается необходимость «постепенного увеличения доли возобновляемых источников энергии в мировом и национальных топливно-энергетических балансах». Развитие возобновляемой энергетики также поддерживает цели национального проекта «Экология», направленного на защиту окружающей среды. Этот проект становится важной частью государственной политики, способствующей не только диверсификации источников энергии, но и улучшению экологической ситуации в стране.

Основными источниками возобновляемой электроэнергии в России являются ветровые и солнечные электростанции. С января по сентябрь 2024 года ветровые станции выработали 3,4 млрд кВтч, а солнечные — 2,4 млрд кВтч. Оставшиеся 0,39 млрд кВтч пришлось на геотермальные электростанции и объекты, использующие биогаз, биомассу и отходы производства. В 2023 году объем выработки на объектах возобновляемой энергии составил 7,8 млрд кВтч, что более чем в два раза превышает показатели 2020 года. Худякова отметила, что «в 2024 году мы можем выйти на рекордный уровень, который составит более 11 млрд кВтч», добавив, что эти достижения обеспечены за счет роста новых мощностей и стабильно высоких темпов развития отрасли.

С 2020 года выработка солнечных электростанций в России увеличилась на 30%, составив 2,6 млрд кВтч. Несмотря на то, что доля солнечных станций в общей выработке ВИЭ осталась на уровне 30%, за счет быстрого развития ветроэнергетики, солнечные батареи продолжают оставаться важным источником «зеленой» энергии в стране. Особенно это заметно в Краснодарском крае, Астраханской области и Бурятии, где коэффициент использования мощности фотоэлектрических систем может достигать 16,5%, что аналогично показателям солнечных станций южных стран Европы.

Сегодня крупнейшие солнечные электростанции России расположены в Калмыкии, Крыму и Ставрополье, где установленные мощности достигают 115 МВт. Эти регионы, благодаря высокому уровню инсоляции, обладают огромным потенциалом для дальнейшего расширения солнечной энергетики.

Возобновляемая энергетика становится важным элементом и для аграрного сектора. В условиях удаленности сельскохозяйственных объектов от крупных населенных пунктов и инфраструктуры, использование солнечных панелей и других автономных источников энергии позволяет значительно улучшить качество жизни фермеров. Например, тувинский яковод Кара-Кат Донгак, чей бизнес расположен в труднодоступных горных районах, с 2017

года использует солнечные панели, что значительно облегчило его повседневную жизнь и повысило комфорт работы.

Согласно новостной ленте Ростовской области в 2023-2024 годах планировалось начать строительство солнечных электростанции (САС). Потенциал Ростовской области планируется использовать для строительства солнечных электростанций, возможные площадки для размещения объектов "зеленой энергетики" уже определены, это территории южнее Гуково и Новошахтинска, а также восточные районы региона, для которых развитие «зеленой» энергетики послужит новой точкой экономического роста.

Но реализация проектов по созданию СЭС была заморожена и возобновится только после 2025 года. В марте 2024 г. Министерство промышленности и энергетики Ростовской области сообщило, что строительство Гуковской СЭС отложено на неопределенный срок из-за повышения стоимости комплектующих.

Собственная СЭС мощностью 530 кВт установлена только в комплексе «Логопарк Дон» и маленькая СЭС есть и на винодельне «Кантина». Крупные «солнечные» проекты до сих пор так и не были реализованы в регионе.

3. Солнечные батареи, их виды и возможность применения

Солнечная батарея представляет собой многочисленные фотоэлектрические преобразователи, соединённые между собой в единую систему. Они превращают солнечную энергию в электрический ток. Принцип работы солнечной энергоустановки основывается на полупроводниковом эффекте. Впервые данный эффект был открыт французским физиком Беккерелем ещё в первой половине 19 века. Реально действующий полупроводник был создан в 1873г., однако, до середины XX века не удавалось создать эффективно работающей солнечной батареи, способной вырабатывать значительное количество электричества. Современные батареи могут достигать 40% эффективности. Однако для этого нужны соответствующие условия.

Основу конструкции составляет кремний, как один из наиболее эффективных полупроводников. Из него изготавливаются фотоэлементы, составляющие верхний слой пластин батареи.

Солнечные батареи подразделяют на три основных вида:

- Тонкоплёночные солнечные батареи, состоящие из натянутых плёнок, которые можно установить в любое удобное место. Не боятся пыли и могут работать в неблагоприятных условиях. В облачную погоду их эффективность снижается на 20%. Недорогие, но требуют большой площади для установки.

- Монокристаллические батареи изготавливаются из большого количества индивидуальных ячеек, которые заливаются силиконом. Их отличает гибкость, малый вес, компактность, надёжность и долговечность. Просты в монтаже, зависят от прямых солнечных лучей. Но даже небольшая облачность может привести к прекращению выработки энергии.

- Поликристаллические солнечные батареи – в ячейках находятся кристаллы, направленные в разные стороны. Это позволяет улавливать рассеянный свет и меньше зависеть от прямого солнечного освещения. Эти батареи выпускаются в виде панелей синего цвета. Они несколько дешевле, чем монокристаллические. Их успешно используют для освещения домов, административных зданий и даже улиц.

По количеству вырабатываемой электроэнергии солнечные панели бывают:

- Маломощные, предназначенные для электропитания и подзарядки различных гаджетов – ноутбуков, смартфонов, переносных приборов, небольших телевизоров и т.д.

- Универсальные. Способны обеспечить энергией не только маломощные устройства, но и некоторые бытовые приборы, например, лампы освещения.
- Собственно солнечные батареи, состоящие из целого ряда фотоэлементов, закреплённых на подложке. Такие панели могут применяться для энергообеспечения коттеджа, подсобных надворных построек, для дачи.

4. Показатели освещённости (инсоляции) в Ростовской области

Солнечная инсоляция - это величина, определяющая количество облучения поверхности пучком солнечных лучей (даже отраженных или рассеянных облаками). Под поверхностью может пониматься и солнечная панель, при расчетах выработки которой используется величина солнечной инсоляции.

Ростовская область как и все другие регионы также подвержен солнечной инсоляции. В таблице 1 представлена выборка показателей из Национального управления по авиации и исследованию космического пространства (NASA) по солнечной инсоляции для г. Ростов-на-Дону (47.8132, 41.6217).

	Солнечная инсоляция, кВт*ч/м₂
Январь	2,13
Февраль	3,13
Март	3,63
Апрель	4,51
Май	5,67
Июнь	5,86
Июль	6,02
Август	5,48
Сентябрь	4,44
Октябрь	3,31
Ноябрь	2,13
Декабрь	1,64
Среднее за год	4,00

Таблица.1. Показатели инсоляции в Ростовской области

Под уровнем инсоляции принято считать усредненное количество солнечной энергии, попадающей на квадратный метр поверхности в сутки. Обычно инсоляцию измеряют в кВт-час/м².

Развитие солнечной энергетики основывается на данных по уровню инсоляции того или иного региона. Для определения величины солнечной инсоляции конкретного района учитываются следующие факторы:

- влияние времени года;
- местные погодные условия (туман, облачность, дождь);

- характер местности, освещаемой солнцем (например, присутствие деталей рельефа, загораживающих солнце);
- продолжительность солнечного облучения, так как лучи солнца, падающие на освещаемую поверхность под небольшим углом, малопригодны для использования



Рисунок 1. Пиковый уровень инсоляции России по регионам

Исходя данным приведённым в таблице 1. Наиболее эффективное применение солнечных установок в Ростовской области возможно с мая по август. А ориентируясь на рисунок 1, показывающий пиковый уровень инсоляции в России по регионам, можно сделать вывод что Ростовская область является не достаточно оптимальным местом для применения солнечных установок в течении всего года.

5. Эксперимент по зарядке аккумулятора от солнечной батареи:

5.1. *Цель работы:* с помощью подручных средств (калькулятор на солнечной батарее) наглядно увидеть процесс зарядки аккумуляторной батареи за счёт солнечной энергии. Определить экономическую целесообразность использования солнечных батарей для выработки и

использования электроэнергии в частном строительстве энергосберегающих домов.

5.2. Инструменты и материалы

Для опыта использовались рисунок 2: калькулятор на солнечной батарее, мультиметр (тестер), медные провода, две медные пластины (монетки по 10 копеек), аккумуляторная батарея GP 2700 мощностью 260 мА, паяльник, струбцина.



Рисунок 2. Инструменты и материалы для опыта

5.3 Сборка модели

Разбираем калькулятор для использования солнечной батареи рисунок 3.

Солнечный калькулятор — это устройство, которое использует солнечные элементы для преобразования солнечного света в электричество, которое затем использует для питания своих внутренних компонентов. Это позволяет калькулятору работать, не требуя каких-либо внешних источников питания, таких как батареи или электрические розетки.

Основная функция солнечного калькулятора заключается в преобразовании энергии света в электрическую энергию с помощью солнечных элементов. Солнечные батареи - это устройства, изготовленные из таких материалов, как кремний, которые могут генерировать электрический ток под воздействием света. Эти ячейки расположены на поверхности калькулятора в виде сетки, что позволяет им улавливать солнечный свет и преобразовывать его в полезную электрическую энергию.

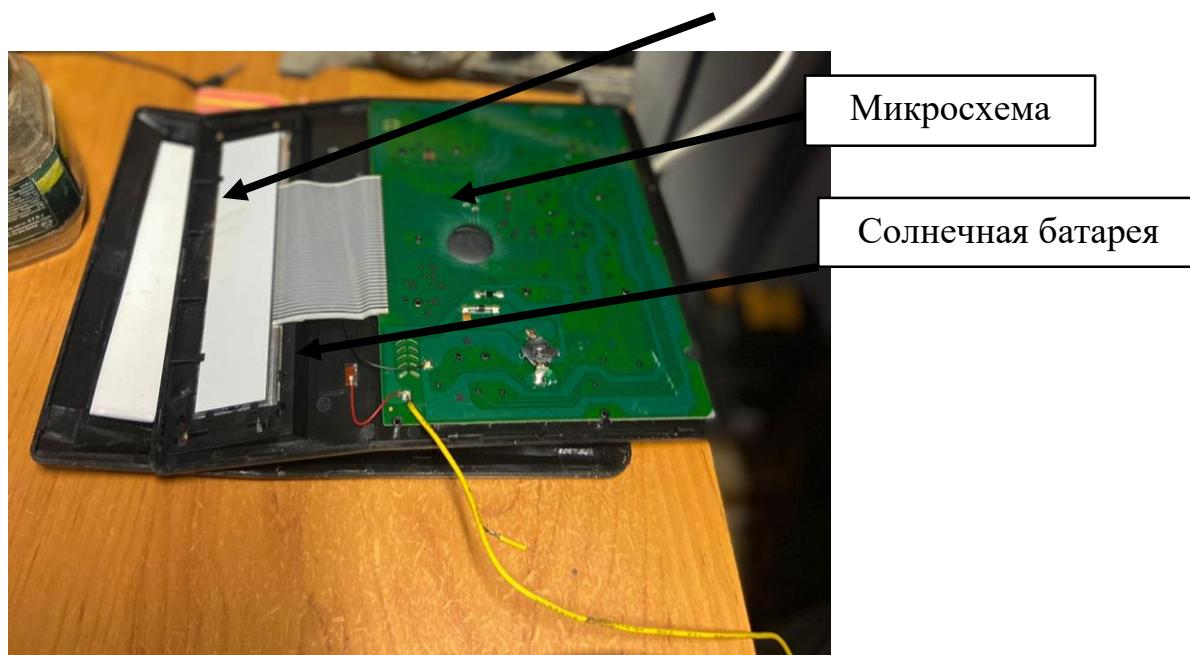


Рисунок 3. Устройство калькулятора на солнечной батарее

Через микросхему калькулятора припаиваем два провода (на +/-), с помощью паяльника рисунок 4, который предварительно разогреваем. Провода перед работой необходимо залудить - зачистить и окунуть в канифоль и олово. Канифоль и олово – это припой. Припой перед работой так же необходимо разогреть.

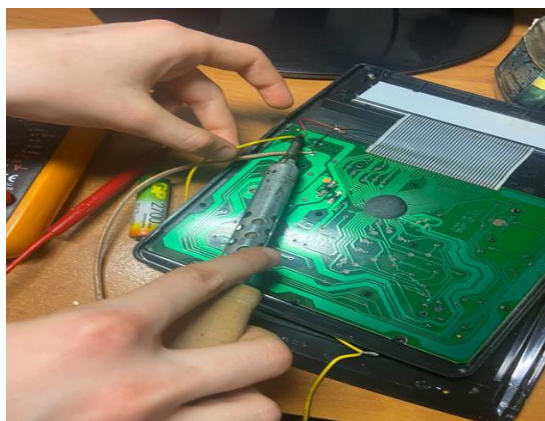


Рисунок 4. Процесс припаивания проводов для зарядки аккумуляторной батареи

С противоположного конца проводов припаиваем медные пластинки рис.5 (мы использовали две медные монетки по 10 копеек). Подготовка к проведению опыта на этом закончена.

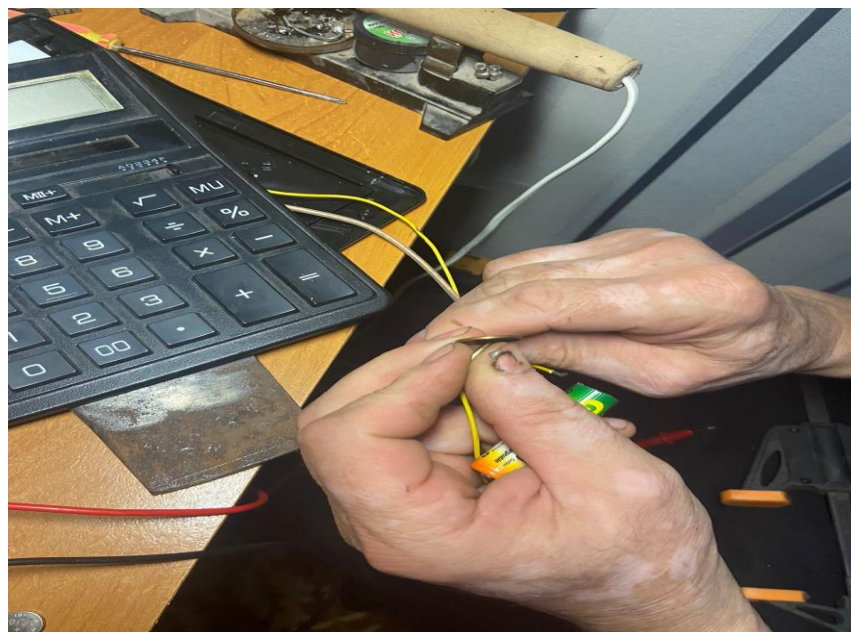


Рисунок 5. Припаивание медных пластин

С помощью мультиметра замеряем изначальный заряд аккумуляторной батареи рис.6. Он составил 1,32 В.



Рисунок 6. Измерение мощности аккумуляторной батареи мультиметром

Измеряем мощность солнечной батареи в калькуляторе рисунок 7., она составила 0,66А в час



Рисунок .7. Измерение мощности солнечной батареи в калькуляторе с помощью мультиметра

С помощью струбцины зажимаем аккумуляторную батарею между медными пластинами нужных полюсов рис.8. Устанавливаем солнечную батарею перед источником солнечного света. Засекаем 60 минут.

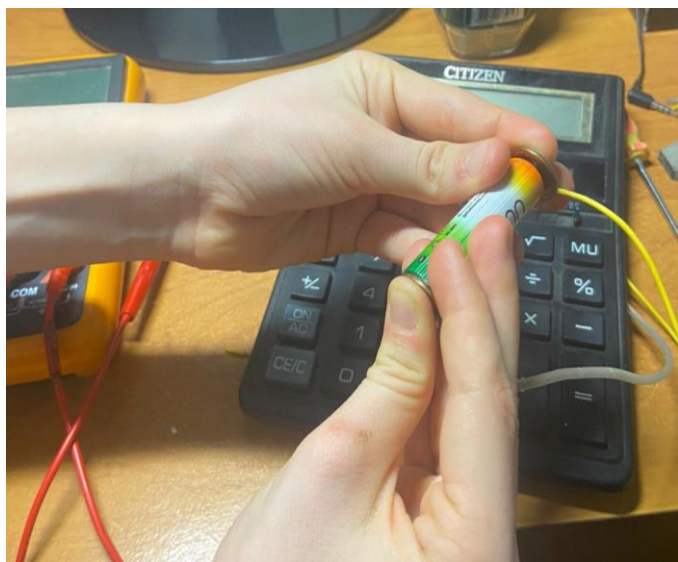


Рисунок 8. Установка аккумуляторной батареи для последующего заряда

Спустя установленное время с помощью мультиметра измеряем заряд аккумуляторной батареи рис.9. Он составил 1.33В, то есть за 60 минут заряд увеличился на 0,01В.



Рисунок 9. Замер заряда аккумуляторной батареи через 60 минут

5.4 Результат

Результаты эксперимента приведем в таблице 2

Наименование	Показатели
Мощность солнечной батареи	0,66 А
Мощность аккумуляторной батареи	260мА
Заряд аккумуляторной батареи до эксперимента	1,32В
Заряд аккумуляторной батареи после эксперимента	1,33В

Таблица 2. Результаты эксперимента

За 60 минут проведения эксперимента заряд увеличился на 0,01В.

6. Анализ эксперимента и общие выводы

На примере небольшой солнечной батареи мы смогли увидеть, возможность накопления энергии в аккумуляторной батарее. Но из-за

размеров солнечной батареи заряд был ничтожно мал. Чтобы получить большой объём энергии нам необходимо иметь дорогостоящие солнечные панели большой площади, которые имеют ограниченный срок эксплуатации с низкой окупаемостью. Так же фактором риска является непостоянность солнечного излучения (зависящее от времени года, суток, погодных условий, угла преломления света). Если применение ветрогонов в ростовской области экономически обосновано, то для применения солнечных батарей ещё необходимы дополнительные научные разработки.

Для применения солнечной энергетики в строительстве энергосберегающих домов в Ростовской области необходимы дополнительные разработки по снижению себестоимости накопителя энергии. Или возможно применение солнечных установок совместно с электроэнергией получаемой другими способами. На сегодняшний день, эффективным может считаться, использование солнечных установок для электроснабжения в труднодоступных для электрификации территории или для применения в качестве дополнительного источника электричества на случай аварийного отключения основного источника электроснабжения.

Несмотря на все сложности, направление альтернативной энергетики является весьма перспективным, как в России, так и в мире. Так как данные инновационные разработки позволят уменьшить (максимально заменить) потребление ограниченных природных ресурсов и позволят существенно улучшить вопросы экологии во всём мире, решат проблемы энергоснабжения труднодоступных территорий.

Список литературы

1. Электронная Большая Российская Энциклопедия
<https://bigenc.ru/c/prirodnye-resursy-04c36a>

2. Журнал «Актуальные исследования» №12 (142), март 23 - «Характерные особенности энергосберегающего дома»;
3. Информационное агентство ИНТЕРФАКС <https://www.interfax-russia.ru/south-and-north-caucasus/news/vetroparki-rostovskoy-oblasti-v-2024g-planiruyut-uvelichit-vyработку-elektroenergii-na-5>
4. Статья «9 передовых технологий энергосберегающих домов» <https://remstroiblog.ru/natalia/2016/08/29/9-peredovyih-tehnologiy-energoberegayushhih-domov/>
5. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К., СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.И.Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - с.
6. Национальное информационное агентство Экология <https://nia.eco/2024/12/03/94559/>
7. «Солнечные батареи — реальность или фантастика?», авторы: Анахин Николай Юрьевич, Грошев Николай Геннадьевич, Оноприйчук Денис Алексеевич, журнал «Вопросы науки и образования», 2018 год.