

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Факультет «Энергетический»  
Кафедра «Теоретические основы электротехники»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
Ганджа Сергей Анатольевич  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА  
БАЗЕ ВЕТРОСОЛНЕЧНОГО ФОНАРЯ

ПОЯНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 13.03.02.2018.226 ПЗ ВКР

Руководитель проекта доц., к.т.н.  
Грамм Михаил Израилевич  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Пимонов Денис Сергеевич  
студент группы П-474  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер  
Ганджа Сергей Анатольевич  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Пимонов Д.С. Разработка электротехнологии наружного освещения на базе ветросолнечного фонаря — Челябинск: ЮУрГУ, П-474, 2018, 55 с., 23 илл., 10 табл. Библиографический список — 11 наименований

Дипломный проект выполнен с целью разработки электротехнологии автономной установки наружного освещения на базе ветросолнечного фонаря. Были учтены климатические условия местности, географическое расположение, световые и ветровые ресурсы, подобраны комплектующие для установки ветросолнечного фонаря, запрограммирован контроллер для автономной работы установки.

При разработке квалификационной работы были использованы следующие программы: MathCad, Arduino, SolidWorks, Microsoft Office.

					<b>13.03.02.2018.226ПЗ ВКР</b>				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>					
Зае		Ганджа			<b>Разработка электротехнологии наружного освещения на базе ветросолнечного фонаря</b>		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Нормоконт		Грамм						2	55
Руководит		Грамм					<b>ЮУрГУ Кафедра ТОЭ</b>		
Разработал		Пимонов							
Утв.		Грамм							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. РАСЧЕТ ОСВЕЩЕНИЯ И ВЫБОР СВЕТИЛЬНИКА.....	10
2. ВЕТРОГЕНЕРАТОР .....	20
2.1 Выбор ветрогенератора .....	20
2.2 Анализ ветровых ресурсов Челябинской области и расчет мощности .....	23
3. СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ.....	25
3.1 Выбор солнечной панели .....	25
3.3 Анализ движения Солнца по небосводу в Челябинской области.....	33
3.4 Анализ солнечных ресурсов Челябинской области и расчет мощности солнечной батареи.....	34
4. КОНТРОЛЛЕР ЗАРЯДА.....	36
4.1 Принцип работы контроллера заряда .....	36
4.2 Выбор контроллера заряда.....	37
4.3 Программирование модуля контроллера .....	41
5. АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ.....	45
5.1 Изучение недостатков аккумуляторов.....	45
5.2 Расчет емкости батареи, выбор аккумулятора.....	46
6. ВЫБОР КОМПЛЕКТУЮЩИХ УСТАНОВКИ.....	50
6.1 Инвертор .....	50
6.2 Выбор датчика освещения .....	54
7. Описание программ .....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	58

## ВВЕДЕНИЕ

Альтернативные источники энергии – наше будущее. Это самый актуальный вопрос нашего времени.

Альтернативные источники в Европе имеют высокий процент производства энергии, в нашей стране данный способ получения энергии находится на стадии развития. И наша задача стремительно развивать данное направление для нашего будущего.

Данная тема широко открыта для исследования и разработки разных проектов. Солнце, ветер и вода – самые популярные источники энергии как электрической, так и тепловой.

В больших масштабах возобновляемые источники энергии (ВИЭ) являются полноценными электростанциями, питающих огромные территории и площади, поставляя энергии по кабелям и линиям электропередач.

Данный проект рассматривает более компактное использование ВИЭ, но не менее полезное, чем традиционные электростанции.

Наружное освещение затрагивает не только простых граждан, но и многие органы нашей страны такие как: ЖКХ, энергетика, правоохранительные органы, здравоохранительные органы и многие другие.

На данный момент большинство светильников используют ртутные лампы и дуговые натриевые трубчатые лампы, которые отстают по технико-экономическим показателям от светодиодных.

Светодиодные лампы не требуют частой замены, они нечувствительны к перепадам напряжения, у них высокая стабильность работы при низких температурах, характерных для нашей страны.

Следовательно, целесообразно переходить к светодиодным лампам для лучшего освещения и меньших экономических затрат.

Сейчас система уличного освещения потребляет энергию с местных электрических станций, и окутывают города километрами проводов, что портит эстетику любого города. Возможно, что эти провода можно убрать под

землю, потратив огромное количество средств на создание подземных кабельных линий.

Таким образом, используя установку на базе ветросолнечного фонаря, возможно избавиться от данной проблемы, и на любой город можно будет смотреть с удовольствием, а не через «черную паутину», и тратить на создание подземных кабельных линий миллионы средств.

С учетом того, что установка питается от ВИЭ не требуются затраты на энергозатраты улиц от центральных подстанций, тем самым сэкономив большое количество средств.

В проекте была разработана автономная установка наружного освещения на базе ветросолнечного фонаря. Данная установка отличается своей автономностью, а именно тем, что не требует никаких вмешательств человека на протяжении многих лет.

Электротехнологическая установка наружного освещения подходит на освещение любых мест, как городское освещение, так и дорожное освещение. Отличие государственных стандартов на освещение разного вида территорий корректирует лишь некоторые характеристики светильника.

Разработка и расчет установки наружного освещения на базе ветросолнечного фонаря были произведены на основе наружного освещения складских территорий. Однако установка абсолютно универсальна и ее работа возможна на любой территории.

Задачи дипломного проекта:

- расчет освещения, с учетом строительных норм и стандартов;
- анализ солнечных и ветровых ресурсов страны и региона;
- расчет вырабатываемой мощности установки и энергобаланса;
- выбор комплектующих ветросолнечного фонаря;
- программирование контроллера для автономной работы электротехнологической установки.

Расчет и выбор компонентов произведены с учетом анализа ветровых и солнечных ресурсов на Южном Урале, а также посчитана возможность

получения максимального количества энергии в условиях реального климата нашей области.

## 1. РАСЧЕТ ОСВЕЩЕНИЯ И ВЫБОР СВЕТИЛЬНИКА

Для освещения территорий необходимо рассчитать освещенность, подобрать необходимый светильник с учетом строительных стандартов. Расчет освещения основан на нормативном документе СН 541-82. Выбор светильника должен удовлетворять требованиям стандартов.

### 1.1 Расчет освещения

Расчет освещения основан на нормативном документе СН 541-82, в котором говорится, что при проектировании и устройстве наружного освещения должны обеспечиваться:

- нормированные величины количественных и качественных показателей осветительных установок;
- экономичность установок и рациональное использование электроэнергии;
- надежность работы осветительных установок;
- безопасность обслуживающего персонала и населения;
- удобство обслуживания и управления осветительными установками.

Используемые в осветительных установках оборудование и материалы должны соответствовать требованиям стандартов и техническим условиям, утвержденным в установленном порядке, номинальному напряжению сети и условиям окружающей среды.[8]

При высоте фонаря 6 метров и расстояния между столбами 25 метров освещенность от каждого светильника в средней между столбами точке должна составить не менее  $E=300$  люксов (СН 541-82). Применяя простую геометрию получаем квадрат расстояния  $r$  от светильника до средней точки равным  $r^2=12^2+6^2=180$ . Для угла  $\alpha$  падения крайнего луча на эту точку получим  $\alpha=\arctg(2/12)=26,56^\circ$ . Рассчитаем величину требуемого светового потока светильника, приняв телесный угол светового потока  $\Omega=0,1$  стерадиана:

$$\Phi = \frac{E \cdot \Omega \cdot r^2}{\cos(\alpha)} = \frac{300 \cdot 0,1 \cdot 180}{\cos(26,56)} = 6037 \text{ люменов.} \quad (1.1)$$

Также из стандартов освещения нежилых зданий и складов изучаем требования цветовой температуры источников света, данные представлены в таблице 1.

Таблица 1.1. Рекомендуемый диапазон цветových температур источников света для наружного освещения промышленных помещений.

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света, $R_a$	Диапазон цветовой температуры источников света, $T_c$ , °К
Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению	300 и более	90	5000-6000
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению	300 и более	85	3500-6000
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению	500 и более	50	3500-6000
	300, 400	50	3500-5500
	150, 200	45	3000-4500
	Менее 150	40	2700-3500



Продолжение таблицы 1.1

Требования к цветоразличению отсутствуют	500 и более 300, 400 150, 200 Менее 150	50 40 29 25	3500-6000 3500-5000 2600-4500 2400-3500
--	--	----------------------	--

Осветительный прибор должен соответствовать нормам по степени защиты. Ссылаясь на ГОСТ 14254-96 фонари должны соответствовать минимум степени защиты IP20. [11] На корпусах фирмы указывают степень защиты своих приборов, где IP (Internal Protection, "внутренняя защита"), первая цифра указывает о защите от прикосновения человеком к токоведущим частям и о защите от попадания внутрь изделия посторонних предметов. Вторая цифра определяет степень защиты корпуса от попадания воды внутрь изделия. В таблице 2 представлено полное описание первой и второй цифр.

Таблица 1.2. Расшифровка класса защиты IP.

1- ая цифра	Защита от проникновения иностраных твердых предметов	2- ая цифра	Защита от проникновения иностраных жидкостей
0	Нет защиты	0	Нет защиты
1	Защита от проникновения твердых объектов размером более 50 мм; частей человеческого тела, таких как руки, ступни и т.д. или других иностраных предметов размером не менее 50 мм.	1	Защита от попадания капель, падающих вертикально вниз.

Продолжение таблицы 1.2

2	Защита от проникновения твердых размером более 12 мм; пальцев рук или других предметов длиной не более 80 мм, или твердых предметов.	2	Защита от попадания капель, падающих объектов сверху под углом к вертикали не более 15°
3	Защита от проникновения твердых объектов размером более 2,5 мм; инструментов, проволоки или других предметов диаметром не менее 2,5 мм.	3	Защита от попадания капель или струй, объектов падающих сверху под углом к вертикали не более 60° (оборудование в нормальном положении).
4	Защита от проникновения твердых объектов размером более 1 мм; инструментов, проволоки или других предметов диаметром не менее 1 мм.	4	Защита от попадания капель или брызг, падающих под любым углом.

Продолжение таблицы 1.2

5	Частичная защита от проникновения пыли. Полная защита от всех видов случайного проникновения. Возможно, лишь попадание пыли в количестве, не нарушающем работу прибора.	5	Защита от попадания струй воды, падающих под любым углом.
6	Полная защита от проникновения пыли и случайного проникновения.	6	Защита от попадания струй воды под от всех видов давлением под любым углом.
		7	Защита от попадания воды при временном погружении в воду. Вода не вызывает порчи оборудования при определенной глубине и времени погружения.

## Продолжение таблицы 1.2

	8	Защита от попадания воды при постоянном погружении в воду. Вода не вызывает порчи оборудования при заданных условиях и неограниченном времени погружения.
--	---	---

### 1.1 Выбор светильника

Из линейки выпускаемых промышленностью уличных светильников, подходящие под данные требования, подобрал светильник фирмы Niteos NT-LIRA 52 (Рис. 1). Световой поток данного светильника составляет 6900 люменов. В таблице 3. написаны полные характеристики.



Рис.1.1. Светильник Niteos NT–LIRA 52.

Таблица 1.3. Характеристики Niteos NT–LIRA 52.

Параметр	Значение
Потребляемая мощность при 25 °С, Вт	52
Марка светодиодов	NICHIA 757
Эффективность, Лм/Вт	113
Световой поток модуля, мин, Лм	6 900
Тип кривой силы света (КСС)	Д
Цветовая температура, °К	5 000
Габариты ДхВхШ (с учетом креплений), мм	380x270x1 50
Масса, кг	3,4

Продолжение таблицы 1.3.

Напряжение питания, В	176-264
Частота номинальная, Гц	50
Коэффициент мощности, не менее	0,97
Коэффициент пульсаций, %	1
Индекс цветопередачи, Ra, более	80
Климатическое исполнение	УХЛ 1
Степень защиты	IP65

Как видно, данный светильник идеально подходит под требования стандартов. Максимальный угол поворота крепления составляет 235 градусов, что позволяет достаточно просто и быстро настроить данный светильник под нужным углом. Данные светильника, его климатическое исполнение УХЛ 1 (ГОСТ 15150-69. Умеренный и холодный климат на открытом воздухе) и особенно степень защиты позволяет работать данному оборудованию до 100000 часов. При остывании светильника давление внутри корпуса понижается, и влага может затягиваться через точку прилегания рассеивателя к корпусу. Клапан решает эту проблему, обеспечивая необходимую циркуляцию воздуха, сохраняя при этом защиту корпуса от влаги.

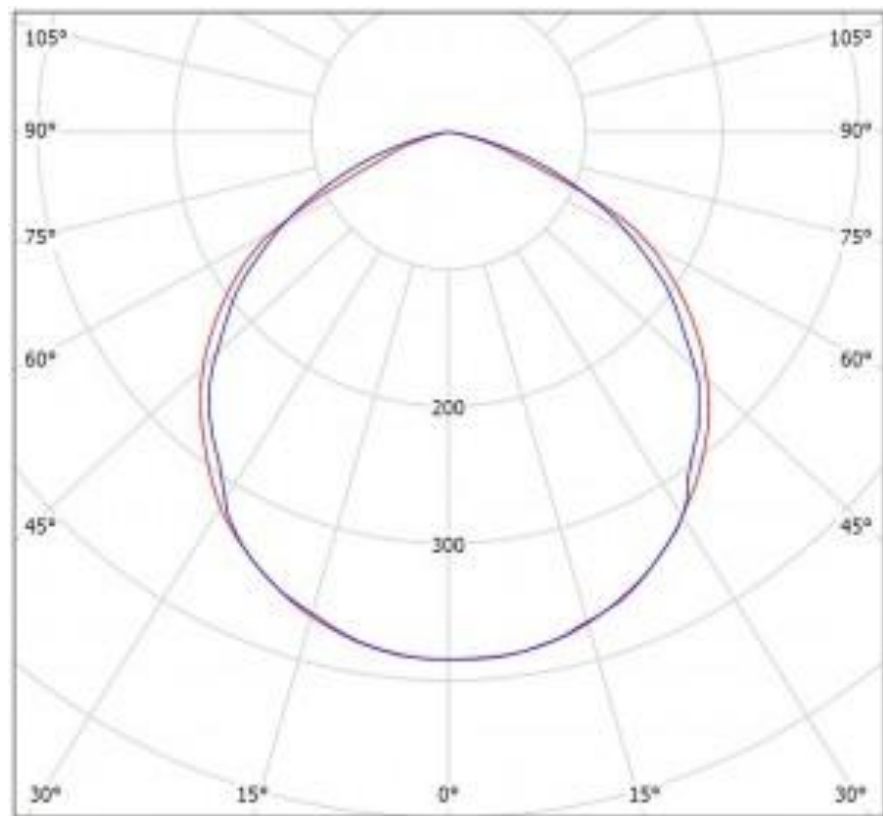


Рис. 1.2. Диаграмма кривой силы света

Исходя из диаграммы кривой силы света светильника, видно, что для полного освещения территории необходимо использовать два светильника, направленные в разные стороны.

Рассчитаем потребленную энергию светильником.

Электрической мощности 52 ватта при напряжении питания  $U=220$  вольт, при частоте  $f=50$  герц. Коэффициент мощности – не менее 0,97. Светильник современный с высокой эффективностью светоотдачи – 113 люменов на ватт.

Обратимся к общей структурной схеме проектируемого светильника (рис.2). Вся схема обеспечивает энергией светильник круглый год в тёмное время суток –  $12 \cdot 365 = 4380$  часов. Таким образом, потреблённая светильником энергия за это время составит  $W=227,7$  киловаттчасов. Так как используем два светильника, соответственно получаем  $W=455,5$  киловаттчасов.

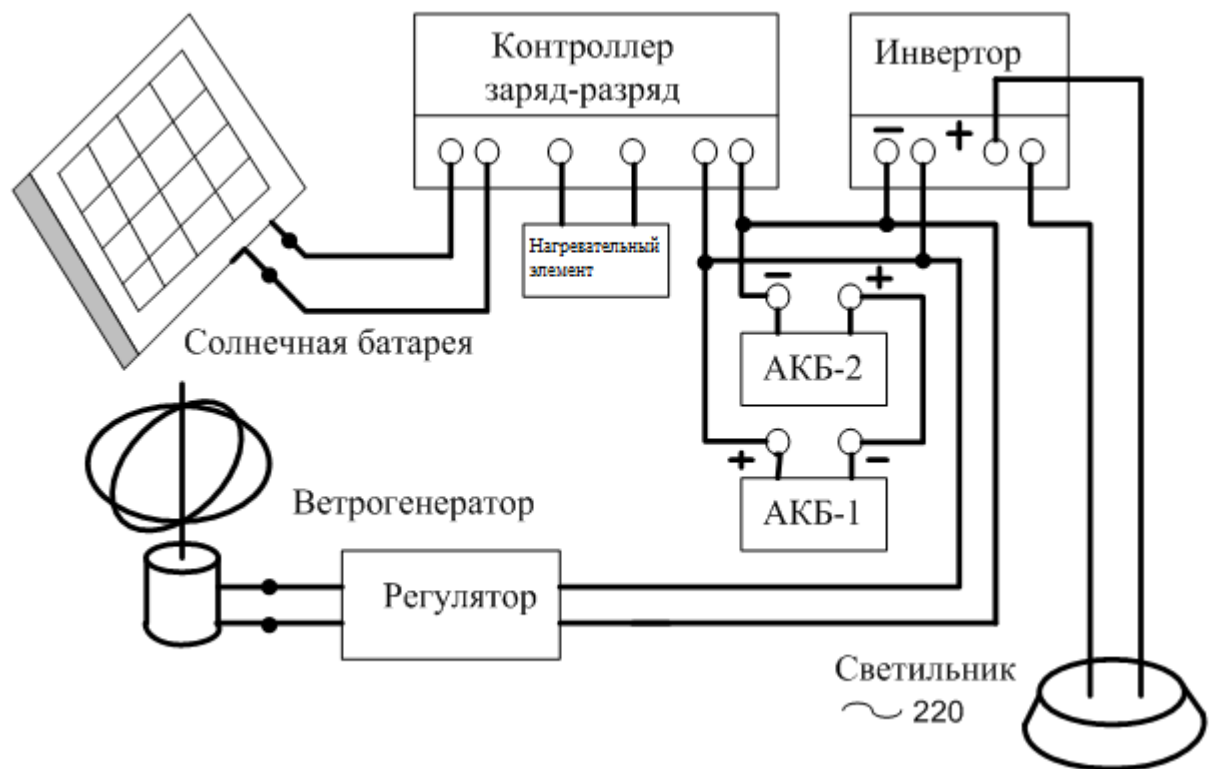


Рис.1.3. Блок схема полностью автономного уличного светильника.

Вывод по первой главе

После полученных расчетов на основании нормативных документов выбран светодиодный светильник, подходящий под требования стандартов при строительстве, также построена блок схема автономного светильника.



## 2. ВЕТРОГЕНЕРАТОР

Ветрогенератор вырабатывает энергию путем преобразования механической энергии в электрическую, путем движения лопастей, которые двигаются от дуновения ветров. В данной главе выбран ветрогенератор и рассчитана его вырабатываемая мощность с учетом ветровых ресурсов региона.

### 2.1 Выбор ветрогенератора

Ветреная энергетическая установка (ВЭУ) состоит из основания ВЭУ, генератора и редуктора, башня ВЭУ, лопасти ротора. Классические ВЭУ имеют три лопасти, закрепленные на роторе, который, в свою очередь, благодаря вращению лопастей, вырабатывает трехфазный переменный ток. Затем через контроллер ток преобразуется в постоянное напряжение и подается на клеммы аккумулятора, который в этот момент заряжается. После, ток проходит через инвертор, приводится к переменному однофазному току с напряжением 220 вольт и частотой 50 герц. [3]

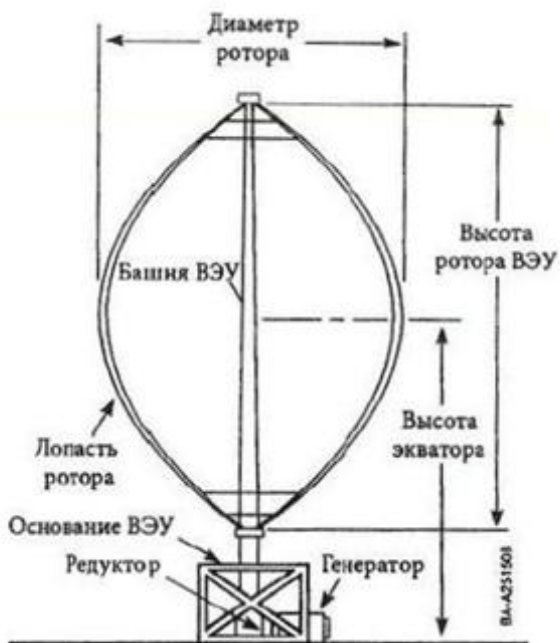


Рис. 2.1. Схема ветроустановки с вертикальной осью вращения.

В соответствии со стандартами расположения ВЭУ площадки для размещения ВЭУ, ВЭС, ВДЭС должны быть выбраны за пределами территорий архитектурных памятников, заповедников, заказников, мест

гнездования и кормления птиц и животных, путей их миграции на расстоянии, исключая возможность негативного влияния названных объектов на обитателей заповедных территорий в процессе строительства и эксплуатации (СТО 70238424.27.100.063-2009). Что как раз и соблюдается в данном случае, при установке освещения наружного освещения нежилых предприятий.

Для установки выбран ветрогенератор китайской компании Wellsee WS – WT 300 Вт с вертикальной осью вращения (Рис. 2.2).[5]



Рис. 2.2. Ветрогенератор Wellsee WS – WT 300

В таблице 2.1 представлены технические параметры ВЭУ.

Таблица 2.1. Параметры Wellsee WS – WT 300 Вт.

Номинальная мощность Вт	300
Рабочее напряжение В	12/24
Начальная скорость ветра м/с	2
Номинальная скорость ветра м/с	12
Безопасная скорость ветра м/с	35
Рабочая скорость ветра диапазон м/с	3 – 20
Метод регулирования скорости	Механическая регулятор / электромагнитный тормоз
Номинальная частота вращения об/мин	420
Генератор	Трехфазный постоянный синхронные генераторы
Защита от ветров	Ручной/электромагнитный тормоз
Температура окружающей среды	-40 °С + 45 °С
Вентилятор длина проводов м	10

Вертикальный ветрогенератор является трехфазным на постоянных магнитах. Мощность ветрогенератора зависит от скорости ветра (табл.2.2).

Таблица 2.2. Мощность ветрогенератора в зависимости от скорости ветра.

Скорость ветра	Мощность (Вт)
2	1,5
4	10
7	80
8	100
9	150
10	200
12	250
15	350

## 2.2 Анализ ветровых ресурсов Челябинской области и расчет мощности

Номинальная мощность генератора составляет 300 Вт, максимальная – 400 Вт. Рабочее напряжение 12/24 В. Из таблицы видно, что стартовая скорость ветра, для начала работы ветрогенератора, составляет 2 м/с. Проанализировав количество безветренных часов, и скорость ветра, [2] получаем, что количество часов работы ВЭУ уменьшается на 32%, из этого получаем:

$$n_B = n_T - (n_T \times 0.32) = 2803 \text{ ч.}, \text{ где} \quad (2.1)$$

$n_B$  – время работы ветрогенератора

$n_T$  – количество часов в году

0,32 – коэффициент безветренных часов в году.

Исходя из многолетних наблюдений журнала Energy №1 (8) 2010 средняя скорость ветров на Южном Урале составляет от 3 до 5 метров в секунду (Рис. 2.3). Рассчитаем мощность, вырабатываемую установкой за весь год.

$$W_B = n_B \times P_B = 2803 \times 40 = 112.12 \text{ кВтч. где,} \quad (2.2)$$

$W_B$  – энергия ветроустановки, получаемая за год

$P_B$  – средняя мощность ветроустановки

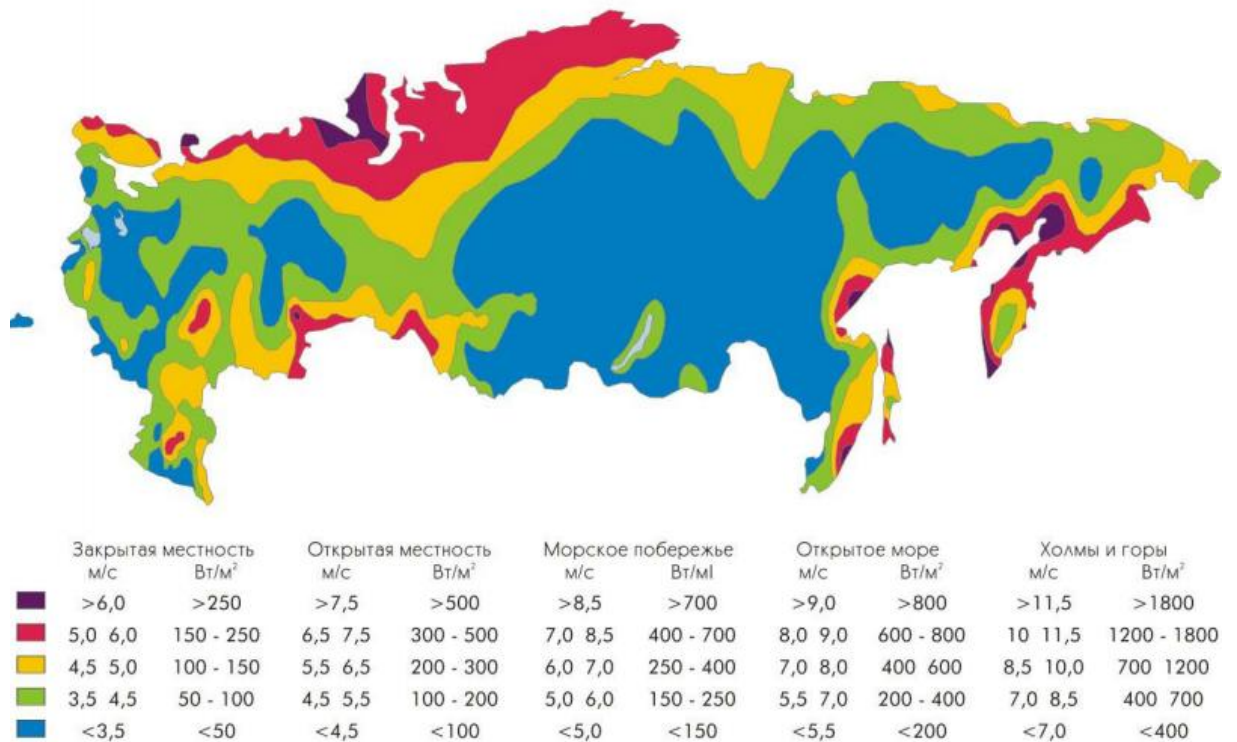


Рис. 2.3 ветровые ресурсы страны.

### Вывод по второй главе

Энергия, полученная от ветроустановки, составляет 112,12 кВтч за год, данной энергии совместно с солнечными панелями хватит на освещение светильников мощностью 455,5 киловаттчасов, с учетом того, что недостающая энергия будет поставляться из аккумуляторных батарей, а в дневное время суток накапливаться в них.

### 3. СОЛНЕЧНАЯ БАТАРЕЯ

Вторым источником энергии для ветросолнечной установки является солнечная батарея. Это один из видов альтернативных источников энергии преобразующий энергию солнца в постоянный ток. В этой главе была выбрана недорогая солнечная панель и произведен расчет вырабатываемой мощности с учетом солнечных ресурсов региона.

#### 3.1 Выбор солнечной панели

В мире существуют два основных вида фотоэлектрических преобразователей для солнечных панелей. Первый – монокристаллический кремний, второй – поликристаллический. Отличие данных материалов составляют технология производства и КПД. У монокристаллического кремния КПД равняется до 17,5%, у поликристаллического материала – 15%. [4]

При попадании солнечных лучей на проводник, тот нагревается, отчасти поглощая энергию лучей. Приток энергии высвобождает электроны внутри полупроводника. К фотоэлементу применяется электрическое поле, направляющее высвобожденные электроны, заставляющее их совершать движение в определенном направлении. Этот поток электронов и образует электрический ток (Рис.3.1)

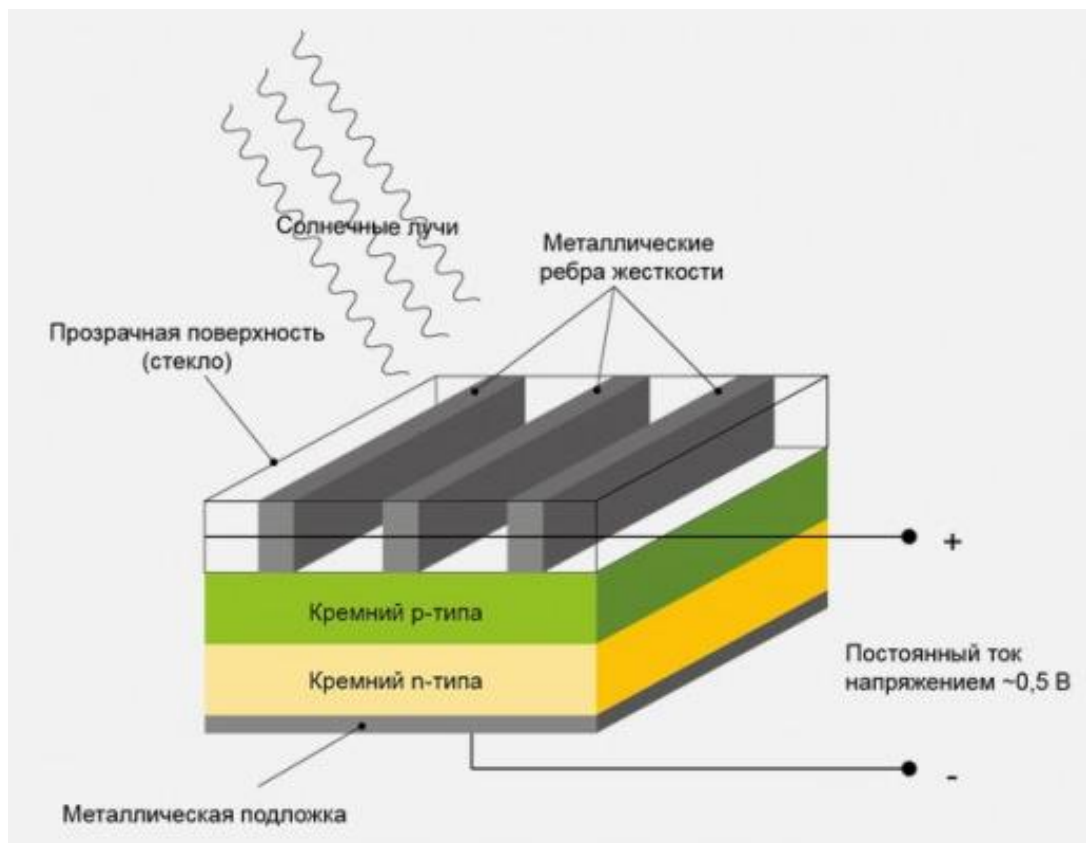


Рис. 3.1. Принцип работы солнечной батареи.

Понять процесс высвобождения электронов поможет кремний. В атоме кремния 14 электронов в трех оболочках. Первая оболочка полностью заполнена двумя электронами, вторая восемь. Третья оболочка наполовину пустая – она имеет всего лишь 4 электрона.

Благодаря такому распределению электронов у кремния кристаллическая форма; заполняя пустоты в третьей оболочке, атомы кремния «делятся» электронами с соседями. Но кристалл кремния в чистом виде – малопроводящий, т.к. почти все его электроны крепко связаны в кристаллической решетке.[6]

Исходя из этого, в солнечных батареях используется кремний, с небольшими примесями, т. е. в кремнии присутствуют атомы других веществ. На миллион атомов кремния приходится всего один атом другого вещества, например фосфора.

Фосфор во внешней оболочке имеет пять электронов. Четыре из пяти электронов образуют кристаллические связи с соседними атомами кремния,

один электрон остается «подвешенным» в пространстве, без каких-либо связей с соседними атомами.

При попадании на кремний солнечных лучей, дополнительной энергии для электронов оказывается достаточно, чтобы отсоединить их от атома. В итоге на их месте образуются «дырки». Высвобожденные электроны перемещаются по кристаллической решетке как носители электрического тока. Если на их пути встречаются «дырки», то электроны заполняют их.

В чистом кремнии свободных электронов очень маленькое количество благодаря крепким связям атомов в кристаллической решетке. Но если использовать кремний с примесью фосфора, то для высвобождения несвязанных электронов потребуется приложить меньшую энергию.

Для получения электричества можно использовать большую часть свободных электронов. Для улучшения химических и физических свойств различных веществ существует процесс легирования добавлением примесей.

Кремний, легированный атомами фосфора, превращается в электронный полупроводник n-типа. Легирование так же бывает бором, который имеет только три электрона во внешней оболочке. В результате получают полупроводник p-типа, в котором появляются свободные положительно заряженные «дырки».

Если соединить полупроводник n-типа и полупроводник p-типа, то в первом образуется много высвобожденных электронов, а во втором – много «дырок». Электроны будут стремиться как можно быстрее заполнить «дырки», однако если это случится, то оба полупроводника станут электрически нейтральными.

На самом деле при проникновении свободных электронов в полупроводник p-типа, область на границе обоих полупроводников заряжается, образуется 16 барьер, который сложно преодолеть. В области p-n перехода образуется электрическое поле. [10]

Кремний имеет свойство довольно хорошо отражать свет, а следовательно, большая часть фотонов пропадает. Для уменьшения потерь, фотоэлементы



покрывают антибликовым покрытием. Покрытие из стекла защищает солнечную батарею от дождя и ветра.

Солнечная батарея (Рис.3.2) состоит из следующих основных частей:

- Алюминиевая рамка
- закаленное стекло с антибликовой поверхностью
- передняя ламинирующая пленка
- элементы, соединенные последовательно плоскими проводниками
- задняя ламинирующая пленка
- задняя защитная пленка
- соединительная распаечная коробка.



Рис. 3.2 Состав солнечной батареи.

Ламинирующие пленки предназначены для полнейшей герметизации всех элементов и их плотного примыкания к стеклу (без воздушных зазоров) с целью избавиться от дополнительного преломления световых лучей и, как следствие, рассеивания мощности. Кроме того, герметизация оберегает элементы от различных природных воздействий и возможной коррозии.

Число солнечных элементов определяется номинальным напряжением модуля. Каждый элемент любого размера представляется кремниевым фотодиодом, имеющий напряжение в точке наибольшей мощности -0.5 Вольта. Типовой модуль с номинальным напряжением 12 вольт состоит из 36 элементов.

Если последовательно соединить 36 элементов напряжением по 0.5 В каждый, то получится  $\sim 18$  В в точке максимальной мощности. Именно таким напряжением надлежит заряжать 12-и вольтовый аккумулятор, т.к. для полноценной зарядки напряжение аккумулятора должно достигать 14,2–14,9 В в зависимости от типа аккумуляторной батареи, но необходим еще и некоторый запас на потери в проводах, нагрев модуля. На рисунке 3.3 представлена принципиальная схема солнечной батареи.

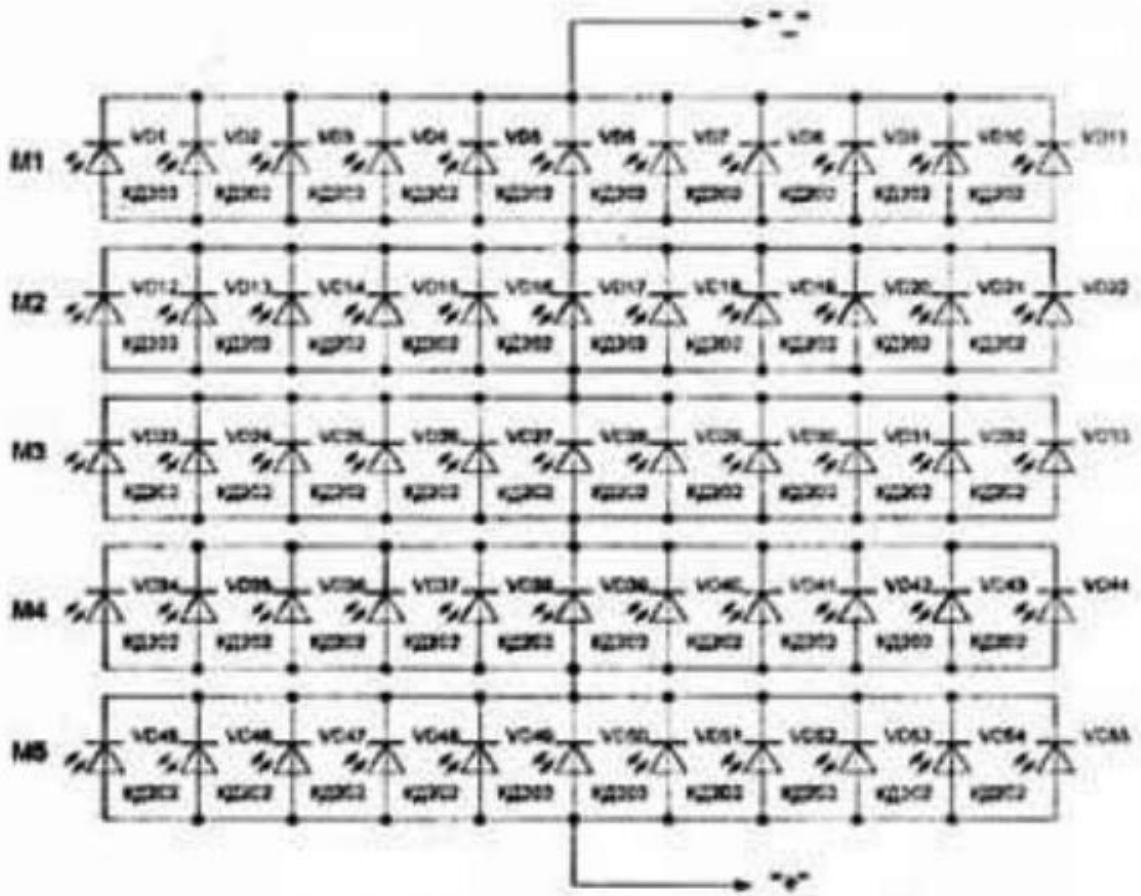


Рис. 3.3. Принципиальная схема солнечной батареи.

Для ветросолнечной установки подобрал солнечную панель компании Topray Solar TPS-105S(72)-100W (Рис. 3.4). Эта солнечная панель мощностью 100 ватт сделана из монокристаллического кремния, напряжение при работе на нагрузку равняется 18 вольтам. При невысокой интенсивности солнечного излучения данная панель вырабатывает больше электроэнергии, чем другие модули с аналогичными характеристиками.

Данный модуль выполнен из 72 ячеек Grade A, что значит, в течение срока службы мощность элементов снижается не более чем на 5%, соответственно панель выдает 95% своей номинальной мощности.

Размер панели 664\*1006\*35 мм, что дает огромный плюс при установке данной панели.

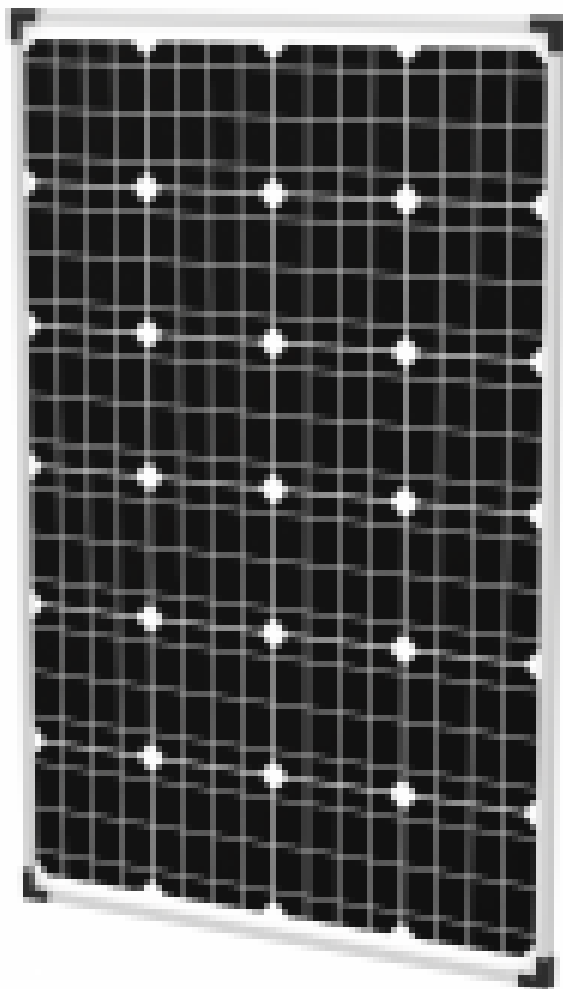


Рис. 3.4. Topray Solar TPS-105S(72)

Солнечные ячейки защищены специальными пленками и ударопрочным стеклом от града и камней. Матрица ячеек укреплена в раме из анодированного алюминия. [7]

Солнечные батареи TPS-105S(72)-100W отличаются высоким качеством кремниевых ячеек, отличным исполнением пайки проводников и герметизации.

Полные технические характеристики представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Эксплуатационные и технические характеристики  
батареи TPS-105S(72)-100W.

Степень защиты	IP65
Габариты Д*Ш*В, мм	664*1006*35
Вес, кг	9
Количество ячеек, шт	72
Размер ячеек, мм	52*156
Тип разъемов кабеля	MC4
Температура эксплуатации, °С	-40 +85С
Номинальное напряжение, В	12
Максимальная мощность, Вт	100
Тип модуля	монокристалл
Стандарт модуля	Grade A
Напряжение при работе на нагрузку, В	18
Напряжение холостого хода, В	22,32
Ток при работе на нагрузку, А	5,56
Ток короткого замыкания, А	5,9
Кол-во диодов	2

### 3.3 Анализ движения Солнца по небосводу в Челябинской области.

Южный Урал относится к третьей группе административных районов по солнечным ресурсам (южнее  $55^\circ$  северной широты). Поэтому важную роль в установке играет правильная ориентация панели на ветросолнечной установке. Для этого обратимся к схеме кажущегося движения Солнца по небосводу (Рис. 3.5)

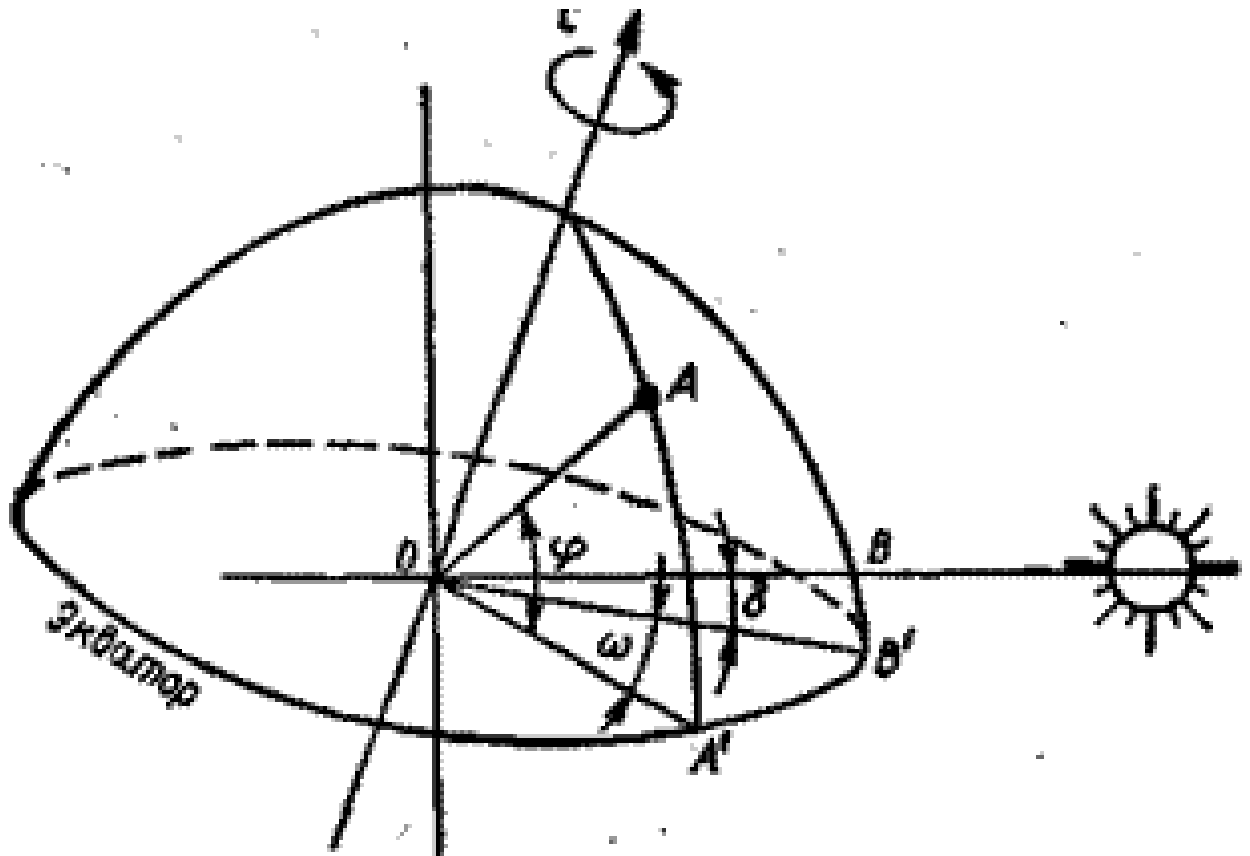


Рис. 3.5. Схема кажущегося движения Солнца по небосводу.

Широта  $\varphi$  - это угол между линией, соединяющей точку A с центром Земли O, и ее проекцией на плоскость экватора. Часовой угол - это угол, измеренный в экваториальной плоскости между проекцией линии OA и проекцией линии, соединяющей центры Земли и Солнца. Угол  $\omega = 0$  в солнечный полдень; в 1 ч. соответствует  $15^\circ$ . Склонение солнца  $\delta$  - это угол между линией, соединяющей центры Земли и Солнца, и ее проекцией на плоскость экватора, В Челябинской области этот угол равен  $55^\circ$ . Небесный экватор на Южном Урале находится под углом  $145^\circ$  относительно горизонта. Склонение солнца в течение года непрерывно изменяется: от  $-23^\circ 27'$  в день зимнего солнцестояния 22 декабря

до  $+23^{\circ}27'$  в день летнего солнцестояния 22 июня и равно нулю в дни весеннего и осеннего равноденствия (21 марта и 23 сентября).

Согласно рисунку 11. наибольшая плотность мощности космического солнечного излучения будет при совпадении нормали к площадке и направления на Солнце. Из-за склонения Солнца от небесного экватора на  $\pm 23^{\circ}$  целесообразно обратить солнечную панель на юг под углом  $180^{\circ}-55^{\circ}-90^{\circ}=35^{\circ}$ .

Под таким углом панель будет непрерывно получать энергию солнца, вне зависимости от времени года.

### 3.4 Анализ солнечных ресурсов Челябинской области и расчет мощности солнечной батареи.

Для этого снова обратимся к научному журналу Bulletin Energy №1 (8) 2010 (Рис. 3.6.).

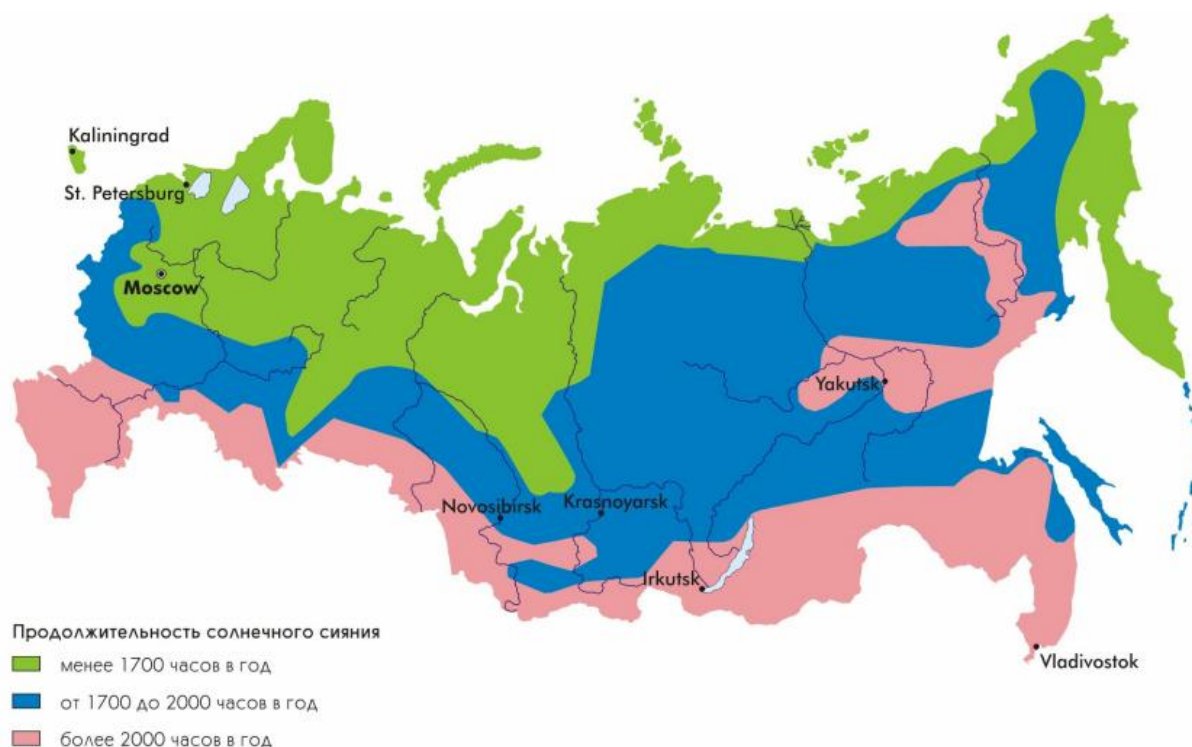


Рис. 3.6. Солнечные ресурсы.

Как видно, в Челябинской области продолжительность солнечных часов в год колеблется от 1700 до 2000 часов. Так как батареи выдают свою паспортную мощность лишь при наличии чистого неба и падения лучей под

прямым углом. В пасмурную погоду, и при другом угле падения солнечных лучей мощность солнечных панелей падает в 10-15 раз. [1]

При расчете учитываем рабочее время, это время, при котором солнечные панели получают максимальное количество энергии от Солнца. За расчет возьмем день в периоде с 9-ти до 16-ти часов дня. Получается 7 часов. Энергия, выработанная за это время от панели, составит:

$$W_{сб} = P_{сб} \times n \times 365 = 100 \times 7 \times 365 = 255.5 \text{ кВтч} \quad (3.1)$$

$W_{сб}$  – Энергия, выработанная панелью за год

$P_{сб}$  – Мощность солнечной панели

$n$  – Количество рабочих часов.

Итак, мы получили идеальную энергии в 255,5 киловаттчасов. Это выполняется только при то условии, если каждый день в году будет ярким, солнечным, без дождей.

В действительности получаем совсем другую цифру. Берем в расчет что в течение года примерно 60 дней будут пасмурные. Также количество солнечных часов ближе к Зиме уменьшается (для этого и взяли усредненное значение 7 часов в день). Из этого получаем, что эффективность падает на 30-40%. Следовательно, за год солнечная панель выработает 153,3 киловаттчасов за весь год.

Вывод по третьей главе.

В данной главе была подобрана солнечная батарея фирмы Topray Solar TPS-105S(72), проанализировано географическое расположение области после чего выбрано место установки панели с наибольшим коэффициентом полезного действия, а также рассчитана вырабатываемая мощность установки в год с учетом солнечных ресурсов области.



## 4. КОНТРОЛЛЕР ЗАРЯДА

Для установки наружного освещения на базе ветросолнечного фонаря нужен контроллер заряда, который будет выпрямлять трехфазный ток, полученный от генератора ветроустановки. Также контроллер регулирует подачу напряжения на источник света, либо на аккумуляторную батарею.

### 4.1 Принцип работы контроллера заряда

Данное электронное устройство отключает аккумулятор при возрастании напряжения, при условии, что система освещения находится в выключенном состоянии, в этом случае включается балласт, который отбирает этот заряд. Балластом является обычный резистор, который при пониженных температурах (зимой) подогревает солнечную панель. При работающей системе освещения, контроллер подает напряжение на источник света, при понижении напряжения включаются аккумуляторные батареи. Благодаря этому не происходит перебоев в питании светильника.

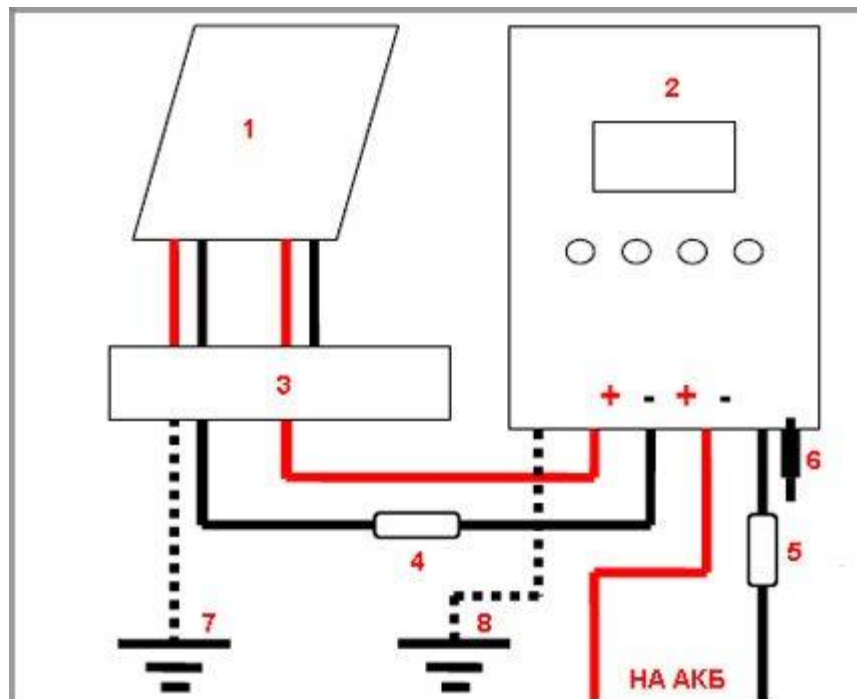


Рис. 4.1. Структурная блок схема подключения контроллера заряда.

- 1 – солнечная панель;
- 2 – контроллер заряда;
- 3 – клеммник;

4,5 – плавкие предохранители;

6 – выключатель питания;

7,8 – земляная шина.

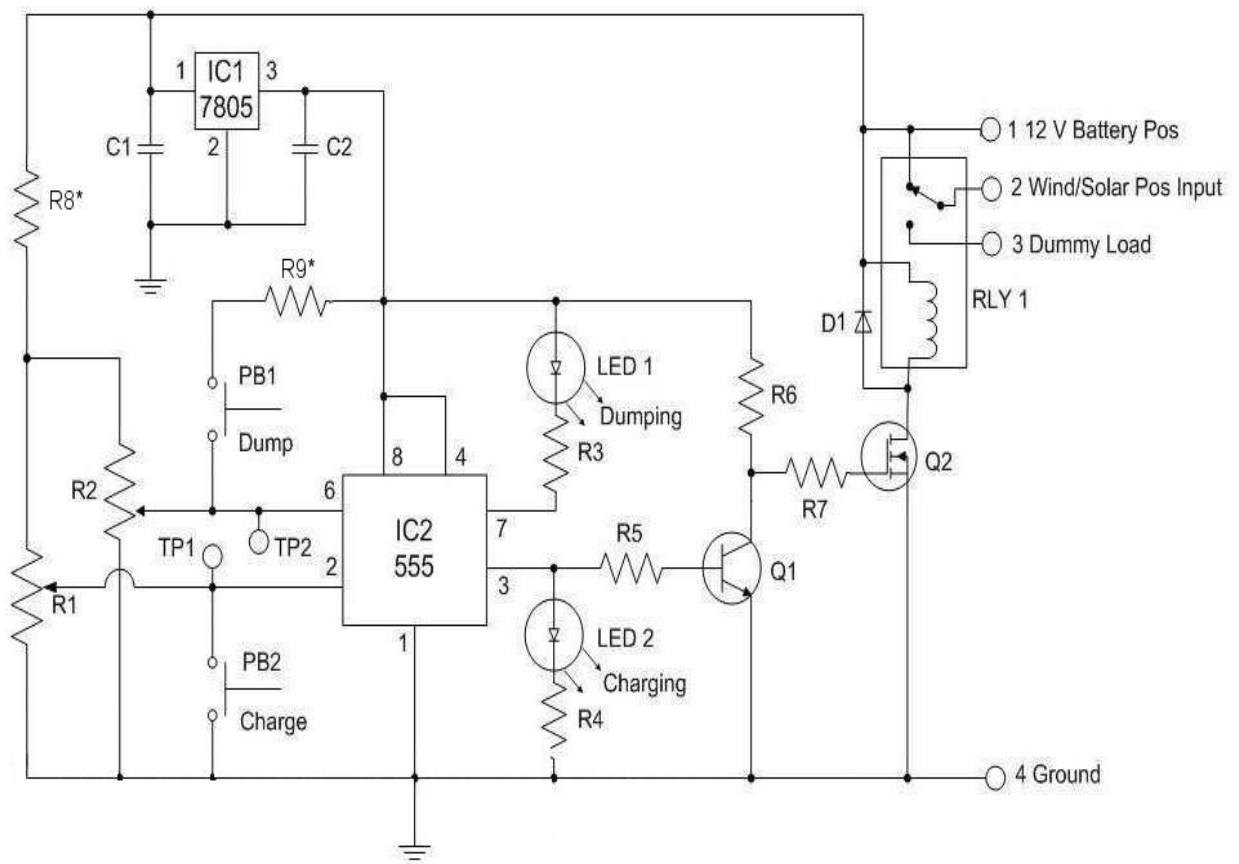


Рис. 4.2. Схема контроллера заряда.

## 4.2 Выбор контроллера заряда

Для ветросолнечной установки выбираем гибридный контроллер заряда, позволяющий получать энергию от ветроустановки даже на скорости ветра малой для достижения номинальной мощности, а также подключать солнечные модули и выводить ток на нагрузку, в нашем случае – светильник. Удовлетворяющий всем требованиям подходит контроллер заряда фирмы Manblan mbws 24-400 (Рис. 4.3.)



Рис. 4.3. Контроллер заряда Manblan mbws 24-400.

Manblan mbws 24-400 это современный контроллер, который используется для выпрямления тока и контроля заряда аккумуляторных батарей, выпускаемый российской компанией. Его основные преимущества:

- защита от обратной зарядки;
- защита от обратной полярности;
- защита по превышению тока;
- защита от перезарядки АКБ;
- защита от полного разряда АКБ;
- защита от короткого замыкания;
- защита от обратной полярности;
- защита от перегрузки;
- защита от молнии;
- ограничение тока ветровой турбины;
- ограничение скорости ветровой турбины;

- защитное автоматическое, ручное торможение ветровой турбины;
- отслеживание температуры контроллера, защита от перегрева.

Полные технические характеристики контроллера представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Технические характеристики Manblan mbws 24-400

Напряжение системы, В	12
Диапазон входного напряжения от ветрогенератора, В	0-100
Диапазон входного тока ветрогенератора (минимальное значение), А	0-25 (15)
Максимальная входная мощность ветрогенератора, Вт	400
Диапазон входного напряжения солнечных модулей, В	0-25
Диапазон входного тока солнечных модулей (минимальное значение), А	0-30 (15)
Максимальная входная мощность солнечных модулей, Вт	500
Алгоритм слежения за точкой максимальной мощности солнечных панелей, МРРТ в диапазоне напряжений, В	17-20
Максимальный выходной ток, А	10
Собственное потребление, Вт	0,4
Диапазон рабочих температур	-20 +50 °С
Влажность при эксплуатации	35-85%

Высокоэффективный ветросолнечный гибридный контроллер может контролировать ветрогенератор и фотоэлектрический аккумулятор с одновременным зарядом аккумулятора. С помощью режима ШИМ высокого разрешения контроллер выполняет заряд аккумулятора с ограничениями по напряжению и току, продлевая, таким образом, срок службы аккумулятора.

Благодаря наличию модуля точного контроля и проверки скорости можно в реальном времени просматривать скорость ветровой турбины и выполнять торможение при превышении скорости, установив предельную безопасную скорость.

Выполняется функция MPPT (отслеживание точки максимальной мощности) ветровой установки. В системе используется улучшенный алгоритм, позволяющий находить точку максимальной мощности, максимизировать преобразование ветровой энергии в электрическую. Было установлено, что контроллер повышает эффективность зарядки на 100%.

На специальном LCD-дисплее пользователь может проверять и устанавливать состояние контроллера с интерактивного интерфейса. Можно просматривать следующие параметры: напряжение аккумулятора, скорость ветровой турбины, напряжение ветровой турбины, ток ветровой турбины, мощность ветровой турбины, напряжение фотоэлектрического аккумулятора, мощность фотоэлектрического аккумулятора, состояние заряда аккумулятора, состояние нагрузки и отказы - слишком высокое или низкое напряжение, перегрузка, короткое замыкание.

Защита от повышенной скорости ветровой турбины.

Торможение/отмена при нормальной скорости: если скорость турбины превышает предустановленное значение, 3-фазная схема автоматически замыкается для торможения, а через три минуты торможение отключается. Торможение/отмена в условиях постоянного ветра: если в течение 30 минут происходит 3 и более торможения, система принимает решение, что ветер дует постоянно, и торможение выключается только через 4 часа.

Защита контроллера от перегрева.

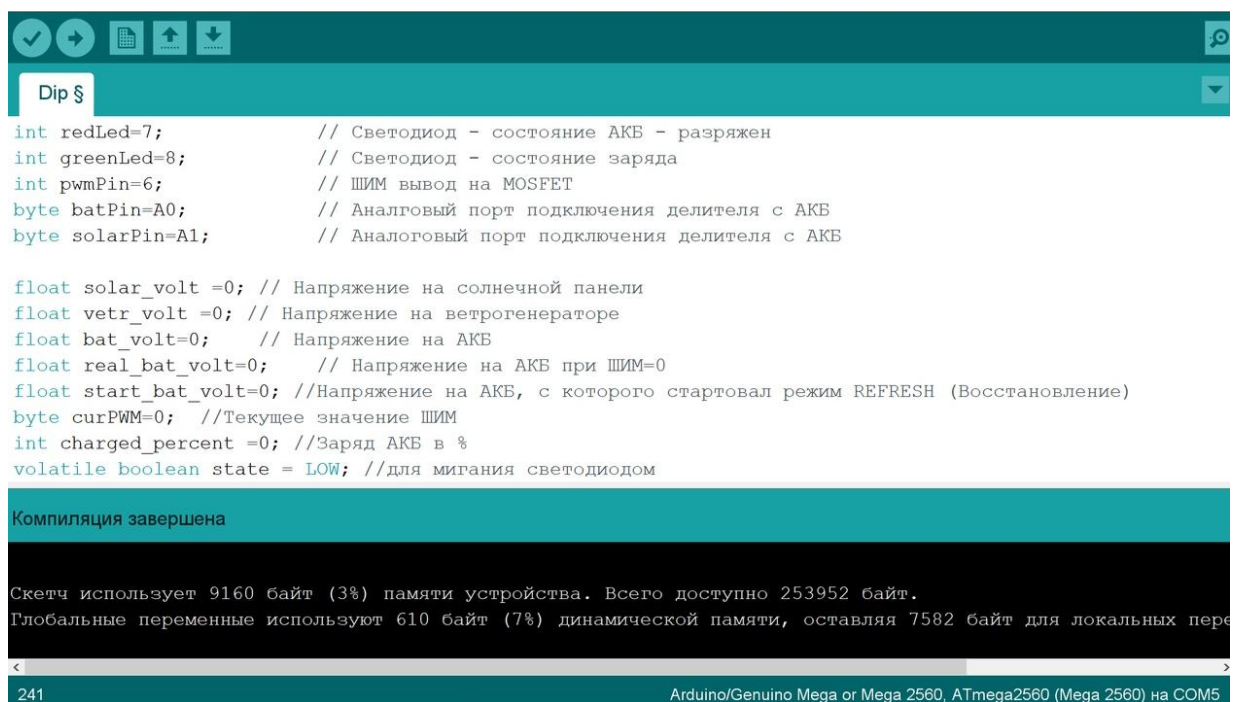
Внутри контроллера имеется модуль, отслеживающий температуру. Когда температура окружающего воздуха слишком высокая, или из-за сильного тока происходит перегрев, если температура превышает безопасное значение, система включает защиту от перегрева, замыкает вход от ветровой турбины и аккумулятора освещения (это не влияет на выходной сигнал). Если температура падает до безопасного значения, защиту от перегрева следует отключить. Примечание: В данном контроллере применяется эффективное охлаждение, и защита от перегрева не будет запущена, пока не наступят чрезвычайные условия.

### 4.3 Программирование модуля контроллера

Для отслеживания состояния всех элементов установки, нужно запрограммировать модуль контроллера заряда. Который отслеживает состояния элементов установки и вводит ограничения для них. Все показатели будут выводиться на экране контроллера.

Программа для модуля контроллера написана в Arduino 1.8.2 с помощью микроконтроллера Arduino Mega 2560.

Для контроллера задаем параметры, какое из значений за что отвечает (рис. 4.4).



```
int redLed=7;           // Светодиод - состояние АКБ - разряжен
int greenLed=8;        // Светодиод - состояние заряда
int pwmPin=6;          // ШИМ вывод на MOSFET
byte batPin=A0;        // Аналоговый порт подключения делителя с АКБ
byte solarPin=A1;      // Аналоговый порт подключения делителя с АКБ

float solar_volt =0; // Напряжение на солнечной панели
float vetr_volt =0; // Напряжение на ветрогенераторе
float bat_volt=0;     // Напряжение на АКБ
float real_bat_volt=0; // Напряжение на АКБ при ШИМ=0
float start_bat_volt=0; //Напряжение на АКБ, с которого стартовал режим REFRESH (Восстановление)
byte curPWM=0; //Текущее значение ШИМ
int charged_percent =0; //Заряд АКБ в %
volatile boolean state = LOW; //для мигания светодиодом
```

Компиляция завершена

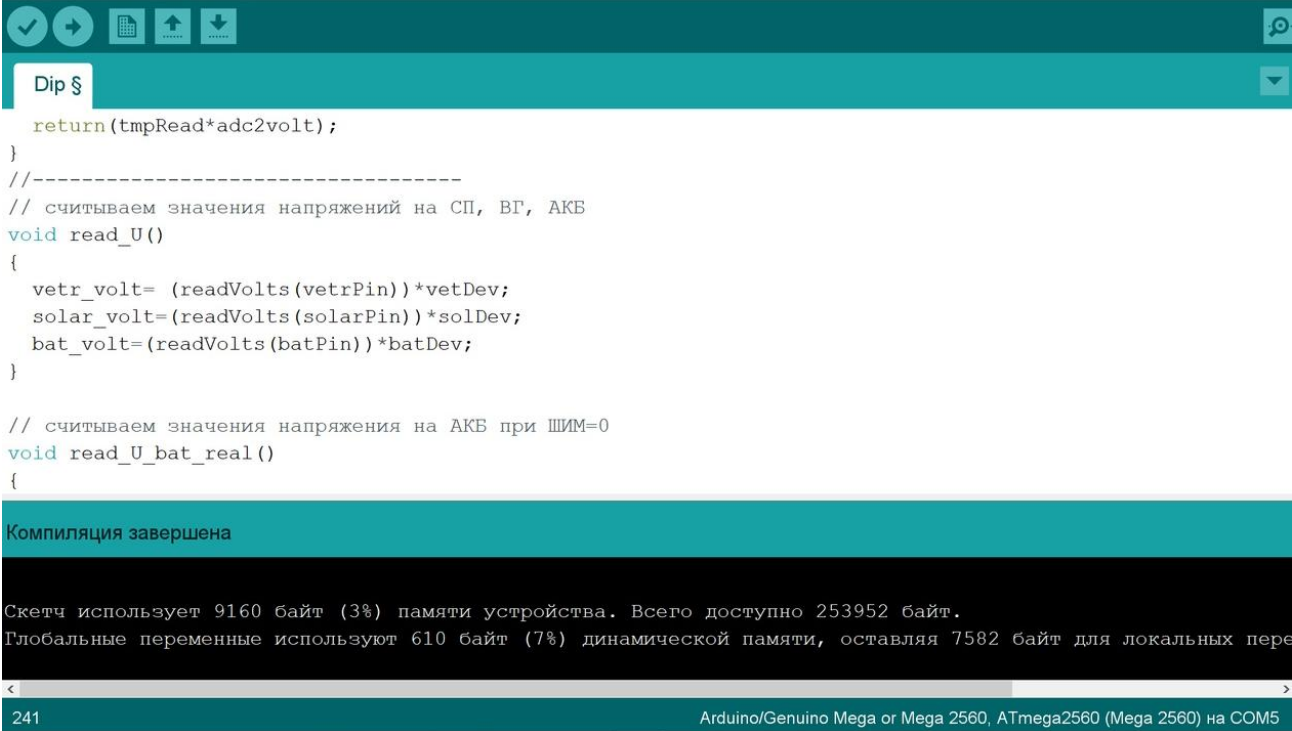
Скетч использует 9160 байт (3%) памяти устройства. Всего доступно 253952 байт.  
Глобальные переменные используют 610 байт (7%) динамической памяти, оставляя 7582 байт для локальных пере

241 Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) на COM5

Рис. 4.4. Задание параметров.

Задаем значения светодиодов. Красный цвет – АКБ разряжен, зеленый – заряжен. Задаем на экран показатели напряжения солнечной батареи, ветрогенератора и аккумуляторной батареи.

Далее программируем контроллер на считывание этих значений с установки (Рис. 4.5)



```
Dip §
return(tmpRead*adc2volt);
}
//-----
// считываем значения напряжений на СП, ВГ, АКБ
void read_U()
{
  vetr_volt= (readVolts(vetrPin))*vetDev;
  solar_volt=(readVolts(solarPin))*solDev;
  bat_volt=(readVolts(batPin))*batDev;
}

// считываем значения напряжения на АКБ при ШИМ=0
void read_U_bat_real()
{
```

Компиляция завершена

Скетч использует 9160 байт (3%) памяти устройства. Всего доступно 253952 байт.  
Глобальные переменные используют 610 байт (7%) динамической памяти, оставляя 7582 байт для локальных пере

241 Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) на COM5

Рис. 4.5. Считывание показателей с установки.

Затем программируем панель контроллера заряда на режим «сон», для экономии энергии (рис. 4.6).

```
    sprintf(outMess, "Storage Mode      ");
    break;

    case (mode_sleep):
    // Режим СНА. ШИМ=0
    // В этом режиме светодиоды не горят
    // Когда напряжение на СП станет больше, чем 14.4 Вольта
    // переход в режим ЗАРЯДА
    sprintf(outMess, "Sleep Mode      ");
    Serial.println("=====");
    Serial.println("MODE: Sleep");
    Serial.println("=====");

    curPWM=pwm_off;
```

Компиляция завершена

Скетч использует 9160 байт (3%) памяти устройства. Всего доступно 253952 байт.  
Глобальные переменные используют 610 байт (7%) динамической памяти, оставляя 7582 байт для локальных пере

143 Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) на COM5

Рис. 4.6. Программирование панели в режим «сон».

И последним действием является вывод всей информации (Рис. 4.7.)

```
Serial.print("SP voltage :");
Serial.println(solar_volt);
Serial.print("AKB voltage :");
Serial.println(bat_volt);
Serial.print("Real AKB voltage :");
Serial.println(real_bat_volt);
Serial.print("PWM=");
Serial.println(curPWM);
Serial.print("pwm duty cycle is (%) :");
Serial.println(map(curPWM,pwm_off,pwm_charge,0,100));
charged_percent=map(bat_volt*10, (bat_disch_volt)*10, (bat_full_volt)*10, 0, 99);
if (mode != mode_refresh) lcdShow();

delay(100);
```

Компиляция завершена

Скетч использует 9160 байт (3%) памяти устройства. Всего доступно 253952 байт.  
Глобальные переменные используют 610 байт (7%) динамической памяти, оставляя 7582 байт для локальных пере

143 Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) на COM5

Рис. 4.7. Вывод информации на экран.

С помощью программы Arduino мы запрограммировали контроллер заряда ветросолнечной установки на регуляцию показателей источников получения и хранения энергии, а также вывод данной информации на экран контроллера.



## Вывод по четвертой главе

В четвертой главе были изучены принципы работы контроллера заряда, подобран подходящий для ветросолнечной установки контроллер. С помощью программы Arduino запрограммирован модуль контроллера на отслеживание работы всей установки, а также на вывод результатов на экран контроллера.

## 5. АККУМУЛЯТОРНАЯ БАТАРЕЯ

Солнечные и ветровые ресурсы непостоянны – это является большой проблемой для снабжения энергией источников. Этих проблем избегают при использовании аккумуляторных батарей, которые сначала накапливают в себе энергию, а затем поставляют ее потребителям.

### 5.1 Изучение недостатков аккумуляторов

Аккумуляторные батареи являются сложным физико-химическим устройством. Перед расчетом емкости батареи изучили основные причины износа батарей.

Перезаряд. Перезаряд вызывает коррозию решеток пластин. Также вызывает повышение температуры батареи, что может разрушить пластины.

Недозаряд. Постоянный недозаряд батареи постепенно портит элементы батареи. Материал, осаждающийся на дне пластин при постоянном недозаряде, состоит из сульфата свинца, который занимает больший объем, чем основной материал, тем самым вызывая деформацию пластин.

Замерзание. При замерзании из электролита выделяются кристаллы воды, что приводит к расширению активного материала пластин. При этом пластины могут искривиться и полностью разрушиться. Поэтому на морозе полностью разряжать аккумулятор не рекомендуется. На рисунке 20 видим зависимость плотности электролита от температуры.

Перемена полярности. Перемена полярности может быть вызвана перезарядом элемента, обладающего недостаточной емкостью и соединенного с другими элементами большей емкости и более полно заряженными; вообще, однако, она является результатом заряда батареи в ошибочном направлении, причем в этом случае полярность изменяется во всех элементах.

Пониженный уровень электролита. Если уровень электролита в течение продолжительного времени остается ниже верхней части пластин, то возникает ненормальное сульфатирование, искривляющее пластины.[9]

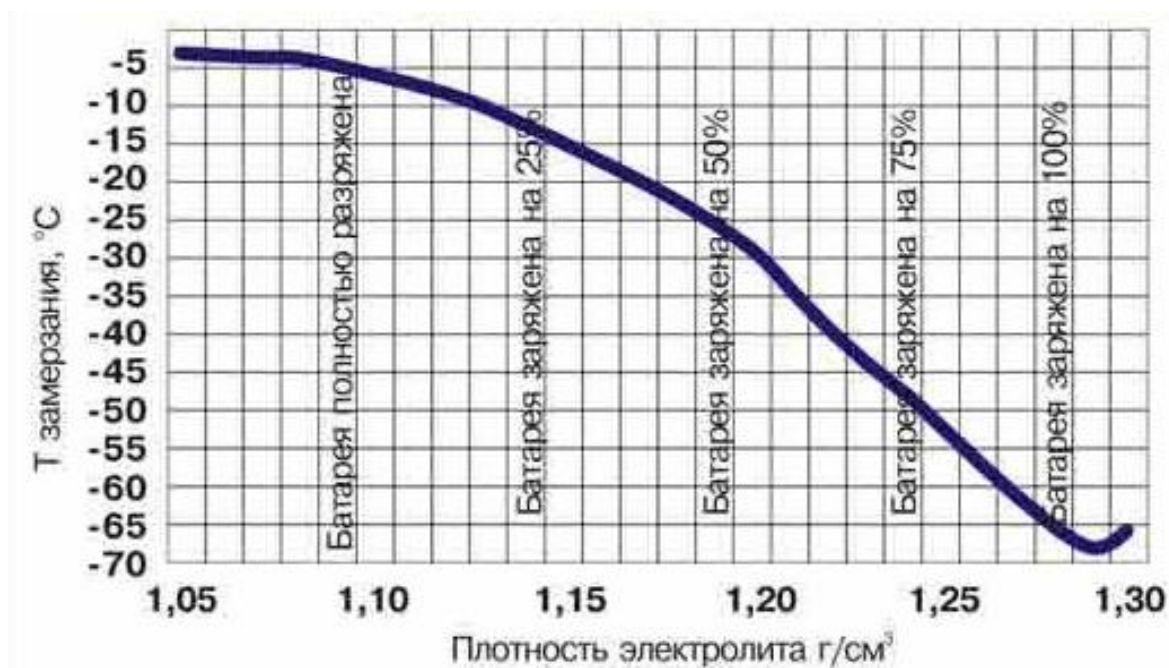


Рис. 5.1. Зависимость плотности электролита от температуры.

Для избежания вышеперечисленных проблем в разрабатываемой установке установлен контроллер заряда.

## 5.2 Расчет емкости батареи, выбор аккумулятора

Для расчета примем наихудшие погодные условия для получения энергии от солнечной панели и ветряка во время работы светильника – безветренное ночное время суток.

С этим условием нужно, чтобы светильник находился в рабочем состоянии 12 часов. Мощность от двух светильников составляет 0,104 кВт. плюс 0,001 кВт – мощность датчика освещенности, напряжение аккумуляторов 24 вольта, глубина разряда батареи равна 30 процентам и 10 процентов на потери в инверторе.

За 12 часов работы аккумулятор должен передать системе:

$$W_a = (P_c + P_d) \times 12 = 1.26 \text{ кВтч} \quad (5.1)$$

где:  $W_a$  – Энергия, выработанная, аккумулятором

$P_c$  – мощность светильников

$P_d$  – мощность датчика освещенности.

Рассчитаем ток разряда батареи при КПД инвертора равном 80%:

$$I_a = (P_c + P_d) \div U_a \div 0.8 = 105 \div 24 \div 0.8 = 5.47 \text{ А} \quad (5.2)$$

где:  $I_a$  – ток разряда аккумулятора,

$U_a$  – напряжение аккумулятора,

0,8 – КПД инвертора.

Рассчитаем емкость аккумуляторной батареи:

$$E_a = I_a \times n = 5.47 \times 12 = 65.64 \text{ А*ч} \quad (5.3)$$

где:  $E_a$  – емкость аккумуляторной батареи,

$I_a$  – ток разряда аккумулятора,

$n$  – количество рабочих часов.

Получили емкость батареи равную 65,64 ампера, учитывая глубину разряда и потери на инверторе получим:

$$E_a = E_a \div 0.4 = 109.4 \text{ А*ч} \quad (5.4)$$

По полученным данным выбираем аккумулятор. Так как аккумулятор нужен в качестве источника бесперебойного питания выбираем свинцово-кислотный АКБ, так как установка полностью автономна, следовательно, аккумулятор должен быть герметичным. Такие аккумуляторы не нуждаются в обслуживании и вентиляции. Срок годности таких АКБ может достигать до 22 лет.

Для полученной емкости выбран аккумулятор компании Sonnenschein А412/65 G6 (Рис. 5.1). Напряжение АКБ 12 вольт, а емкость составляет 65 амперчасов. Для установки берем два таких аккумулятора и подключаем последовательно и получаем 24 вольта и емкость с запасом 130 амперчасов.



Рис. 5.1. Sonnenschein A412/65 G6

Аккумулятор Sonnenschein A412/65 G6 является герметичным и необслуживаемым с желеобразным электролитом. Изготовлен из намазных пластин со свинцово-кальциевым легированием.

Особенности аккумулятора:

- исключен риск протечки электролита;
- обладает большим ресурсом работы в циклическом режиме;
- устойчив к глубоким разрядам и требует минимальное время для полного заряда
- теплоемкий аккумулятор надежно работает при низких температурных условиях.

Полные характеристики представлены в таблице 5.1.

Табл.5.1 характеристики Sonnenschein A412/65 G6.

Напряжение, В	12
Емкость, А*ч	65
Максимальная нагрузка, А	440
Внутренне сопротивление, мОм	9
Ток короткого замыкания, А	1414
Вес, кг	23
Срок службы, г.	15

Вывод по пятой главе

После произведенных расчетов, с учетом двух источников энергии был выбран аккумулятор Sonnenschein A412/65 G6. Данный аккумулятор позволяет в течении 15 лет не обслуживать его, и бесперебойно работать при неблагоприятных климатических условиях, что характерно для Челябинской области.

## 6. ВЫБОР КОМПЛЕКТУЮЩИХ УСТАНОВКИ

Для питания источника света требуется выбрать инвертор, который преобразует полученное постоянное напряжение в переменное. Также для экономии полученной энергии требуется датчик освещенности.

### 6.1 Инвертор

Для питания светильника в ветросолнечной установке требуется переменное напряжение. С этой целью выбираем инвертор.

Инвертированием называется процесс преобразования постоянного напряжения в переменное. Различают два типа инвертора:

- зависимые инверторы;
- автономные инверторы.

Зависимый инвертор работает при условии наличия в его выходной цепи источника переменного напряжения, который задает форму, частоту и величину напряжения образованной им сети переменного напряжения. []

Автономный инвертор может работать при условии отсутствия на его выходе каких-либо источников переменного напряжения. При этом частота выходного напряжения инвертора определяется частотой импульсов управления вентилями инвертора, а форма и величина выходного напряжения – характером и величиной нагрузки и в определенной мере – схемой автономного инвертора.

Автономные инверторы делятся на три типа:

- инвертор тока;
- резонансный инвертор;
- инвертор напряжения.

У инвертора тока есть два отличительных признака.

Входная цепь инвертора тока – это цепь со свойствами источника постоянного тока. Функция вентиля ток приводит к переключению направления тока в выходной цепи инвертора. Следовательно, на выходе получаем переменный ток.

Нагрузкой инвертора должна быть цепь со свойствами, близким к источнику напряжения, с близким к нулевому внутренним сопротивлением, допускающим протекание через него скачкообразного тока. это обеспечивается включением на выход вентильного коммутатора конденсатора.

Инверторы тока имеют сильную зависимость величины формы выходного напряжения от величины и характера нагрузки. Ограничение на минимум нагрузки определяется допустимой степенью возрастания напряжения на выходе. Ограничение на максимум определяется требованием тиристорам.

Массогабаритные показатели ухудшаются по причине большой величины индуктивности в звене постоянного тока.

Резонансными называются инверторы, у которых периодический характер электромагнитных процессов в нагрузке определен колебательными свойствами LC-контура. При этом возможны три варианта композиции LC-контура и нагрузки:

- параллельное подключение нагрузки к L или C LC-контура;
- последовательное включение нагрузки в последовательный LC-контур;
- подключение нагрузки параллельно к части C контура.

Автономный инвертор напряжения как преобразователь постоянного входного напряжения в переменное выходное напряжения отличается от инвертора тока тем, что получает питание от источника ЭДС безындуктивного характера.

Для установки наружного освещения выбран автономный инвертор TBS Powersine PS200-12. (Рис. 6.1)





Рис. 6.1. TBS Powersine PS200-12

Данный инвертор подходит для оборудований небольшой мощности, например в передвижной лаборатории, или освещения. Главное отличие этого инвертора в том, что на выходе инвертор имеет чистую синусоиду без помех. Это обеспечивает правильную эксплуатацию приборов.

Инвертор TBS Powersine PS200-12 отличается надежностью электронной работы в условиях высоких вибраций.

Особенности инвертора TBS Powersine PS200-12:

- защита от короткого замыкания на выходе;
- защита от перегрева;
- защита от перегрузки а выходе;
- защита от низкого напряжения на входе.

Полные технические характеристики представлены в таблице 6.1.

Табл. 6.1. Технические характеристики TBS Powersine PS200-12.

Номинальная выходная мощность, Вт:	175
Максимальная выходная мощность (10 минут), Вт:	210
Пиковая выходная мощность, Вт:	400
Выходное напряжение переменного тока (50 Гц), В:	230
Форма выходного напряжения:	чистая синусоида
Искажения формы выходного напряжения	<5% при номинальной мощности
Допустимый $\cos(\phi)$ нагрузки:	0.2 — 1.0
Номинальное входное напряжение, В:	12
Рабочий диапазон входных напряжений, В:	10.5 — 16.0
Максимальная эффективность:	90%
Собственное потребление без нагрузки, Вт:	2.8
Потребление без нагрузки в режиме ожидания, Вт:	0.6
Порог включения из режима ожидания, Вт:	10
Температура эксплуатации:	от -20°C до +50°C

## 6.2 Выбор датчика освещения

В силу своей автономности и экономичности установке требуется датчик освещенности. Который будет «кнопкой включения и выключения» светильника.

Датчик освещенности отвечает за автоматическое включение выключения освещения. Он контролирует степень естественного освещения.

Для ветросолнечной установке выбираем датчик LXP-02 (Рис. 6.2) с углом освещения  $360^\circ$  на 10 ампер. Его технические характеристики представлены в таблице 6.2.



Рис. 6.2. LXP-02

Таблица 6.2. Технические характеристики LXP-02.

Напряжение питания, В.	230
Частота, Гц.	50
Максимальная мощность, кВт.	2,2
Диапазон Настройки, Лк.	2,1
Диапазон рабочих температур, °С.	-30 +40
Степень защиты	IP44

При установке учитываем, что на датчик не должны попадать сторонние источники света, в том числе и светильник установки. Беспрепятственное попадание солнечных лучей на датчик. Следовательно, устанавливаем его над источником света.

Вывод по 6 главе

В главе были подобраны не менее важные составляющие такие как : инвертор и датчик освещенности. Каждый из них выполняет свою незаменимую функцию, без которой установка будет работать не стабильно либо с большими затратами. Подобраны элементы выбраны с учетом климатических условий и условий безопасности

## 7. Описание программ

В разработке были использованы программы MathCad, SolidWorks, Arduino.

MathCad является мировым стандартом для многих инженерных вычислений. Вычислительные средства программы обеспечивают расчеты по сложным математическим формулам, включая численные методы и преобразования. Документы представляются в документе, близком к математическому языку, это упрощает решение задач и их постановку. MathCad содержит текстовый и формульный редактор, графический, а также средства научной и инженерной справочной информации.

MathCad позволяет заниматься проектированием, вычислением и документировать работу в удобном для чтения формате.

SolidWorks – это система автоматизированного проектирования. Программа позволяет проектировать, создавать эскизы, и чертежи моделей и деталей. Проектирование 3D-моделей дает возможность видеть каждую деталь с любой стороны. Также система SolidWorks позволяет детализировать модель и заложить в нее больше технических характеристик. Позволяет выявить технические ошибки на стадии разработки.

SolidWorks создавать модели в короткие сроки и не требуя больших затрат на разработку и сборку деталей.

Arduino – аппаратно-программная платформа для проектирования и создания новых устройств. Среда Arduino разработана на базе языков программирования C/C++. Программный код возможно записывать на микроконтроллер при помощи компьютера либо через беспроводные источники передачи информации. Программная часть очень проста в использовании и изучении.

Arduino – легко изучаемая и простая в использовании программа, даёт возможность программировать любые устройства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе разработки была получена полностью автономная электротехнологическая установка наружного освещения на базе ветросолнечного фонаря с мощностью ветрогенератора 300 Вт и мощностью солнечной панели 100 Вт.

Выполнен расчет освещения с учетом строительных норм и стандартов, произведен анализ солнечных и ветровых ресурсов региона, благодаря которым рассчитана вырабатываемая мощность установки в год, подобраны комплектующие установки с учетом экономической и технической выгоды.

Решены проблемы обслуживания, разработанную установку возможно не обслуживать минимум 10 лет.

При разработке квалификационной работы были использованы следующие программы: MathCad, Arduino, SolidWorks, Microsoft Excel.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грамм М. И. Энергетический баланс полностью автономного уличного светильника // Вестник Юж.Урал. гос. ун-та. Сер. «Энергетика». – 2018. – Вып. 11. – № 12. – С. 92-96.
2. Сетевой журнал Energy Bulletin [http://www.analysisgroup.com/uploadedfiles/content/insights/cases/energy\\_bulletin\\_ss2010.pdf](http://www.analysisgroup.com/uploadedfiles/content/insights/cases/energy_bulletin_ss2010.pdf)
3. Безруких П.П. Ветроэнергетика (справочное и методическое пособие. – М.: ИД «Энергия», 2010. – 320 с.
4. Городов Р.В. Губин В.Е. Матвеев А.С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – Изд. «ТГУ», 2009. – 62–63.
5. Каталог фирмы Wellsee <http://www.wellsee.cc/goods-212-Wellsee+wind+turbine+%28cellular+wind+turbine%29+WS-WT300W.html>
6. Удел С. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии. –М.: МИР, 1980. – 88с.
7. Каталог фирмы Topray <http://climag.ru/solnechnaja-panel-topray-solar-100m-tps-105s72-100w/>
8. СНИП 541-82 [http://www.elec.ru/library/snip/sn\\_541-82/](http://www.elec.ru/library/snip/sn_541-82/)
9. Типы аккумуляторных батарей <https://best-energy.com.ua/support/battery/414-vidy-i-tipy-akkumulyatornykh-batarej-v-podrobnostyakh>.
- 10.Алехин, В. А. Области применения солнечной энергетики / В. А. Алехин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 12. – С. 3- 8.
11. ГОСТ 14254-96. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)