

Министерство образования и науки Украины  
Государственное высшее учебное заведение  
«Национальный горный университет»



## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Солнечная энергетика»  
для студентов направления «Электротехника и электротехнологии»  
специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

Днепропетровск  
2013



Министерство образования и науки Украины  
Государственное высшее учебное заведение  
«Национальный горный университет»



## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Солнечная энергетика»  
для студентов направления «Электротехника и электротехнологии»  
специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

Утверждено на заседании кафедры  
возобновляемых источников энергии  
Протокол №  
от «    » \_\_\_\_\_ 2013 г.

Днепропетровск  
2013

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Солнечная энергетика» для студентов направления «Электротехника и электротехнологии» специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии» / Составит.: А.Н. Гребенюк, М.С. Кириченко. – Д.: НГУ, 2013. – 27 с.

Составители:

Гребенюк Андрей Николаевич, к.т.н., старший преподаватель  
Кириченко Марина Сергеевна, ассистент

Ответственный за выпуск Ф.П. Шкрабец, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой возобновляемых источников энергии

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к выполнению лабораторных работ разработаны на кафедре возобновляемых источников энергии на основе обработки и использования материалов, опубликованных в отечественных и зарубежных источниках, и предназначены для студентов специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии». Темы лабораторных работ иллюстрируют основные разделы дисциплины «Солнечная энергетика».

Выполнению каждой лабораторной работы предшествует самостоятельная работа по теме лабораторной работы. Подготовка к работе включает углубленное изучение соответствующего раздела курса, ознакомление с методикой выполнения работы, подготовка необходимых таблиц для внесения результатов, подготовка ответов на контрольные вопросы.

Выполнение лабораторной работы включает следующие этапы:

- самостоятельная подготовка к лабораторному занятию с использованием данных методических указаний и дополнительной литературы;
- выполнение необходимых измерений в лаборатории;
- оформление результатов исследований в форме отчета, структура которого указана в каждой работе;
- защита отчета по выполненной лабораторной работе.

Целью лабораторных занятий является закрепление теоретических знаний по лекционному материалу, а также развитие навыков самостоятельной работы, умение делать выводы по результатам проведенных исследований.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ БАТАРЕИ

**Цель работы:** изучение устройства и принципа действия монокристаллической солнечной батареи, определение вольт-амперной характеристики

#### Программа работы

1. Ознакомление с конструкцией и принципом действия монокристаллической солнечной батареи
2. Проведение эксперимента, обработка данных и построение вольт-амперной характеристики
3. Составление отчета

#### Краткие теоретические сведения

Солнце является основным источником энергии, обеспечивающим существование жизни на Земле. Для характеристики солнечного излучения используются следующие основные величины:

- *Поток излучения* – величина, равная энергии, переносимой электромагнитными волнами за одну секунду через произвольную поверхность. Единица измерения потока излучения – Дж/с = Вт.
- *Плотность потока излучения* (энергетическая освещенность) – величина, равная отношению потока излучения к площади равномерно облучаемой им поверхности. Единица измерения плотности потока излучения – Вт/м<sup>2</sup>.
- *Световой поток*. Световым потоком называется поток излучения, оцениваемый по его воздействию на человеческий глаз. Человеческий глаз неодинаково чувствителен к потокам света с различными длинами волн. Обычно при дневном освещении глаз наиболее чувствителен к свету с длиной волны 555 нм. Поэтому одинаковые по мощности потоки излучения, но разные длины волн вызывают разные световые ощущения у человека. Единицей измерения светового потока с точки зрения восприятия его человеческим глазом (яркости) является *люмен* (лм). Световой поток в 1 лм белого света равен  $4,6 \cdot 10^3$  Вт (или  $1 \text{ Вт} = 217 \text{ лм}$ ).
- *Освещенность* – величина, равная отношению светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности. Освещенность измеряется в *люксах* (лк).  $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$ . Для белого света  $1 \text{ лк} = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/м}^2$  (или  $1 \text{ Вт/м}^2 = 217 \text{ лк}$ ). Приборы, предназначенные для измерения освещенности, называются *люксметрами*.

*Солнечная электроэнергетика* – это направление энергетики, которое занимается преобразованием энергии солнечного излучения в электрическую энергию.

Существуют два способа преобразования солнечной энергии: фототермический и фотоэлектрический. В первом теплоноситель нагревается в солнечном коллекторе до высокой температуры и используется для вращения турбогенератора который вырабатывает электроэнергию или для горячего водоснабжения и отопления помещений. Во втором – прямое преобразование солнечного излучения в электрический ток с помощью полупроводниковых фотоэлементов – солнечных батарей.

## **Порядок выполнения работы**

### **Этап 1. Ознакомление с конструкцией и принципом действия монокристаллической солнечной батареи**

*Солнечная батарея* – это соединенные между собой фотоэлектрические преобразователи (фотоэлементы), которые преобразуют солнечную энергию в постоянный ток. Солнечные батареи строятся из модулей, сделанных на основе кристаллов кремния. В зависимости от области применения, солнечные модули могут иметь различные конструктивные решения и разные выходные мощности. Применяются солнечные батареи для обеспечения автономной электроэнергией.

*Тонкопленочные солнечные батареи* являются наиболее дешевыми в производстве, не требуют прямых солнечных лучей, работают при рассеянном излучении и могут устанавливаться на стены здания. Это солнечные модули, в которых полупроводник осаждается тонким слоем (толщиной порядка одного микрона) на тонкую подложку из стекла или стали. В качестве полупроводника могут выступать различные материалы, обладающие способностью поглощать свет. Наиболее часто для этого используется аморфный кремний (a-Si: H) или поликристаллические материалы, такие как теллурид кадмия (CdTe), медно-индиевый (CIS) или медно-галлиевый диселенид (CIGS).

Тонкая пленка может быть лучше, чем монокристаллы, в областях с туманным климатом или в тех производствах, где присутствует постоянная запыленность воздуха, в таких ситуациях этот способ производства энергии будет рентабельнее. 95 % случаев тонкопленочные панели используются для систем, которые генерируют электроэнергию непосредственно в сеть («on-grid» системы).

Для тонкопленочных панелей необходимо использовать высоковольтные инверторы и контроллеры, которые не стыкуются с маломощными бытовыми системами. По причине небольшого КПД (около 10%) эти панели эффективно использовать в системах мощностью от 10 кВт.

Одним из существенных недостатков тонкопленочных панелей можно считать то, что они требуют большей площади для установки (примерно в 2 раза больше, чем потребовалось бы для монокристаллических батарей). Размеры панелей 1400\*800\*3 мм, вес около 20 кг, рабочее напряжение 55,7–60 В, рабочий

ток 0,9 А, максимальное напряжение системы 1000 В. Стоимость тонкопленочных солнечных батарей колеблется в пределах 2,5 - 3\$ за 1 Вт мощности.

Тонкопленочные кремниевые солнечные батареи производятся уже довольно давно. Они применяются в часах и калькуляторах. Аморфный кремний в них осаждается на тонкую подложку. Эффективность тонкопленочных солнечных батарей на основе аморфного кремния существенно ниже, чем у солнечных батарей на основе кристаллического кремния, однако высокая эффективность в данном случае не является критически важной характеристикой и для бытовых устройств типа часов или калькуляторов тонкопленочные батареи на основе аморфного кремния являются стандартом.

*Монокристаллические солнечные батареи* на сегодняшний день самые популярные. Эти солнечные батареи представляют собой кремниевые пластины толщиной 250–300 мкм. КПД монокристаллических солнечных батарей до 25%. Батареи вставляются в алюминиевую рамку и закрываются защитным стеклом. Цвет фотоэлементов монокристаллических солнечных батарей черный или темно-синий. Солнечные батареи устанавливаются на крышах домов, на фонарях освещения и обычно используются для подзарядки аккумуляторов, питания сигнализации, на освещение, питание бытовой техники и др. Схема подключения: солнечные панели – контроллер – аккумуляторы – инвертор – потребители.

*Контроллер* – это электронное устройство, которое обеспечивает управление зарядом – разрядом солнечных батарей, защищает систему питания от перегрузок и короткого замыкания при изменении режимов потребления энергии. Аккумуляторы служат для накопления энергии, а *инвертор* преобразовывает постоянный ток аккумулятора в переменный ток промышленной частоты. Размеры монокристаллических солнечных батарей от 306\*216\*18 мм до 1950\* 992\*50 мм, вес от 0,8 до 24 кг, рабочее напряжение от 21,6 В до 59,5 В, рабочий ток от 0,29 А до 7,98 А.

Стоимость *поликристаллической солнечной батареи* меньше, чем монокристаллической. КПД около 20%. Поликристаллические солнечные батареи имеют ярко синий цвет. Область применения: питание бытовой техники, освещение, питание ноутбуков, мобильных телефонов и др. Схема подключения такая же, как и у монокристаллических солнечных панелей.

Недостатки солнечных батарей:

- низкий КПД;
- снижение эффективности при загрязнении поверхности;
- снижение производительности фотоэлементов при повышении температуры, требовательны к сопротивлению нагрузки. Для устранения этого недостатка нужно использовать контроллеры управления;
- ухудшение характеристик с течением времени;
- высокая стоимость.

Солнечная батарея работает следующим образом.

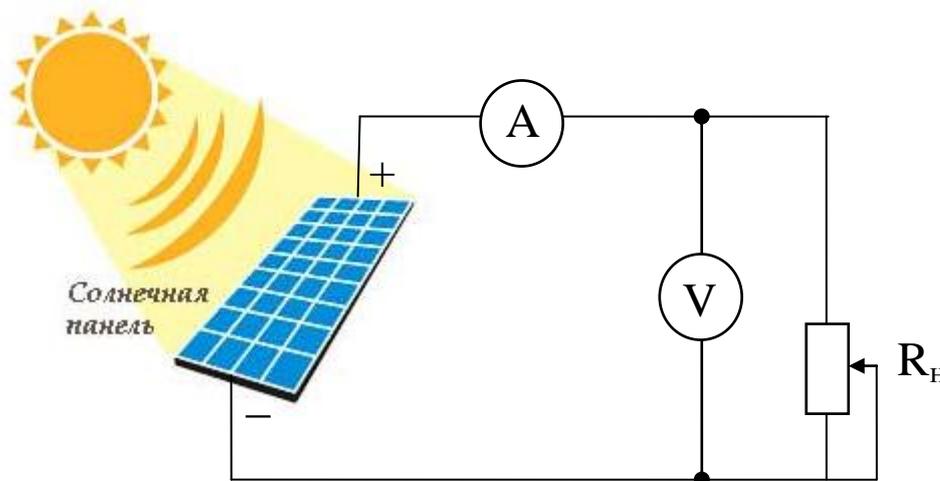
1. Фотоны ударяются о поверхность солнечной батареи и поглощаются её рабочим материалом, например, кремнием.

2. Фотоны, сталкиваясь с атомами вещества выбивают из него его родные электроны. В результате чего возникает разность потенциалов. Свободные электроны начинают двигаться внутри вещества, чтобы погасить разность потенциалов. Возникает электрический ток. Так как солнечная батарея – это полупроводник, то электроны движутся только в одном направлении.

3. Получаемый ток солнечная батарея преобразует в постоянный и отдает его потребителю или аккумулятору.

**Этап 2. Проведение эксперимента, обработка данных и построение вольт-амперной характеристики**

Собрать схему согласно рисунку с учетом полярности приборов.



После проверки преподавателем правильности сборки схемы осуществить подключение. Включить излучатель (лампу).

Снять 6 точек для построения вольт-амперной характеристики с учетом паспортных данных солнечной батареи.

Результаты измерений занести в таблицу 1:

$I, A$						
$U, B$						
$P, Bт$						

Построить вольт-амперную характеристику в масштабе.

Повторить измерения для 50% затенения солнечной батареи.

Результаты измерений занести в таблицу 2:

$I, A$						
$U, B$						
$P, Bт$						

**Этап 3. Составление отчета**

Отчет по данной лабораторной работе должен содержать:

1. Наименование работы и ее цель.
2. Схему рис. 1.
3. Построенные вольт-амперные характеристики  $U=f(I)$  в одной системе координат и характеристику  $P=f(I)$ .
4. Сделать выводы по полученным характеристикам.

### Контрольные вопросы

1. Конструкция солнечной батареи.
2. Принцип действия солнечной батареи.
3. Какие материалы используются для изготовления солнечной батареи.
4. Как влияет освещенность на выходные характеристики солнечных батарей.
5. Область применения солнечных батарей.
6. Какие функции выполняет контроллер?
7. Для чего используется инвертор?
8. Что такое вольт-амперная характеристика фотоэлемента?
9. В чем отличие вольт-амперной характеристики при затенении солнечной батареи?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

**Цель работы:** изучение возможности работы при последовательном и параллельном соединении солнечных батарей

#### Программа работы

1. Изучение способа подсоединения солнечных батарей
2. Проведение эксперимента при последовательном соединении солнечных батарей
3. Проведение эксперимента при параллельном соединении солнечных батарей
4. Сравнительный анализ способов подключения и выводы по результатам выполнения лабораторной работы
5. Составление отчета

#### Краткие теоретические сведения

Фотоэлектрические ячейки часто объединяют в последовательно-параллельные соединения, повышая таким образом выходную мощность.

Если несколько фотоэлементов (или параллельных соединений нескольких фотоэлементов) соединяются в цепь последовательно, то их выходное напряжение увеличивается.

При последовательном соединении солнечных элементов (СЭ) все элементы идут цепочкой и соединяются с соседними противоположными полюсами (рис. 1). Например, чтобы получить на выходе готовое напряжение 220 В достаточно соединить параллельно 10 солнечных элементов с выходным напряжением 24 В или 20 – с напряжением 12 В.

Однако у этого соединения есть ряд недостатков:

- 1) нестабильное значение напряжения при плохой освещенности;
- 2) слабая мощность всей системы, которая равняется мощности одной батареи.

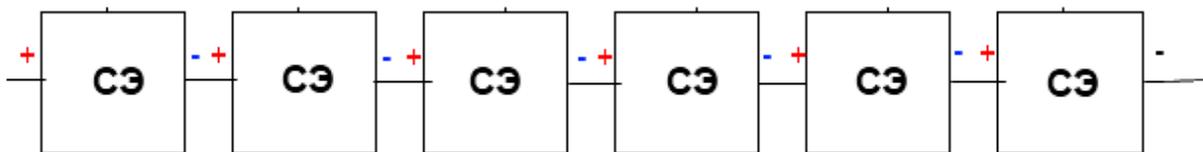


Рис. 1. Последовательное соединение солнечных элементов

Если несколько фотоэлементов (или последовательных соединений нескольких фотоэлементов) подсоединяются параллельно, то максимальная сила тока всех соединенных в цепь ячеек эквивалентна произведению максимально достижимой силы тока одной ячейки или их комбинации на количество ячеек или их комбинаций. При этом в идеальном случае максимальная мощность последовательно-параллельного соединения одинаковых ячеек эквивалентна произведению максимальной мощности каждой ячейки на количество ячеек. Иными словами, максимальная мощность ( $P_{\max}$ ) такого соединения эквивалентна произведению  $V_{\text{вых}}$  и  $I_{\max}$  всего соединения.

В действительности мощность полученной таким образом солнечной батареи будет меньше мощности суммы мощностей составляющих ее модулей на величину потерь на, так называемое рассогласование, т.е. потерь, вызванных различием характеристик однотипных модулей. Поэтому важно тщательно подбирать модули в солнечной батарее, чтобы свести к минимуму потери мощности на рассогласование.

При параллельном соединении все элементы соединены параллельно однотипными полюсами (рис. 2). Хотя подобное соединение требует использования дополнительного преобразователя напряжения, оно позволяет получить значительно большую электрическую мощность и стабильность в работе.

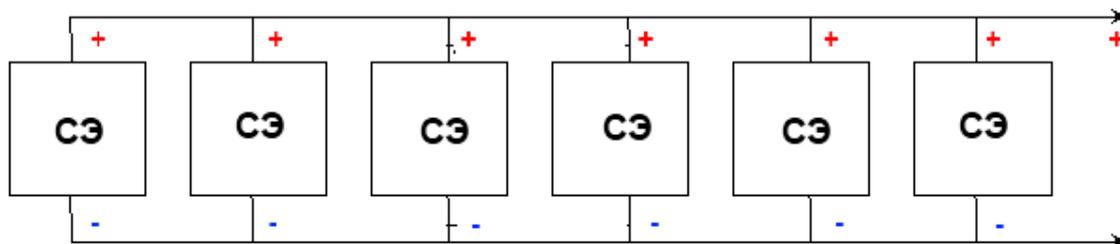


Рис. 2. Параллельное соединение солнечных элементов

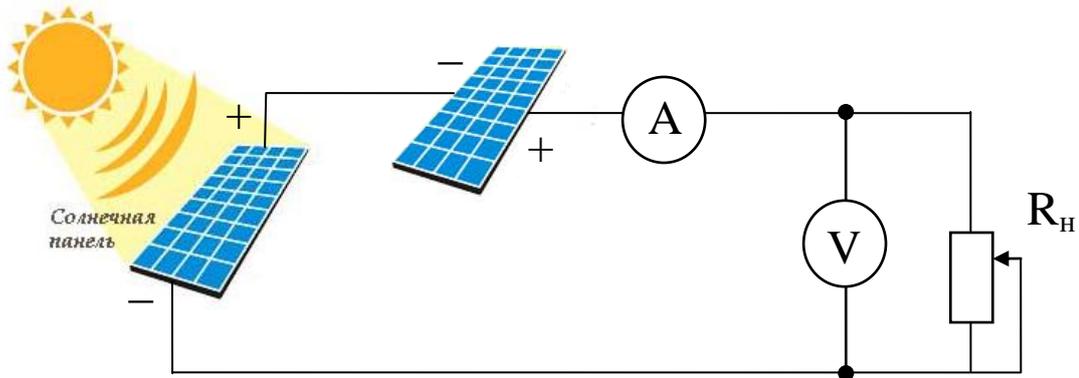
## Порядок выполнения работы

### Этап 1. Изучение способа соединения солнечных батарей

Изучить различные способы соединения солнечных батарей, используя краткие теоретические сведения и дополнительную литературу. Определить достоинства и недостатки каждого из них, а также область применения.

### Этап 2. Проведение эксперимента при последовательном соединении солнечных батарей

2.1. Собрать схему с последовательным соединением батарей согласно рисунку 1:

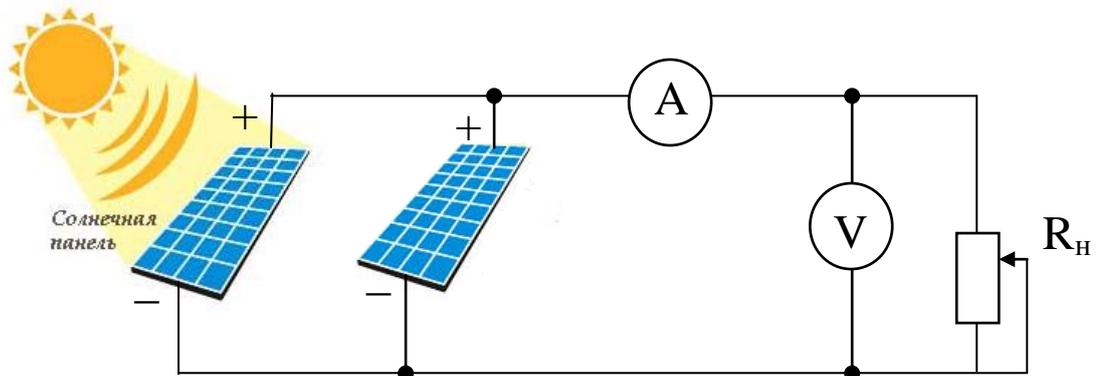


2.2. Снять данные для построения вольт-амперной характеристики при последовательном соединении. Результаты измерений занести в таблицу:

$I, A$						
$U, B$						
$P, Bт$						

### Этап 3. Проведение эксперимента при параллельном соединении солнечных батарей

3.1. Собрать схему с параллельным соединением батарей согласно рисунку 2:



3.2. Снять данные для построения вольт-амперной характеристики при параллельном соединении. Результаты измерений занести в таблицу:

$I, A$						
$U, B$						
$P, Bт$						

**Этап 4. Сравнительный анализ способов подключения и выводы по результатам выполнения лабораторной работы**

В общей системе координат построить вольт-амперные характеристики при последовательном и параллельном соединении и сделать выводы.

**Этап 5. Составление отчета**

Отчет по данной лабораторной работе должен содержать:

1. Наименование работы и ее цель.
2. Схемы рис. 1 и рис. 2.
3. ВАХ солнечных батарей при последовательном и параллельном соединении.
4. Выводы.

**Контрольные вопросы**

1. Что такое солнечная радиация и как ее используют на Земле?
2. Принцип работы солнечной батареи.
3. В чем отличие последовательного соединения солнечных батарей от параллельного?
4. С какой целью применяется та или иная схема соединения?
5. Достоинства и недостатки последовательного соединения солнечных элементов.
6. Достоинства и недостатки параллельного соединения солнечных элементов.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

**ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ВАКУУМНОГО ТРУБЧАТОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА**

**Цель работы:** изучение конструкции и принципа действия солнечного коллектора с «сухой» и «мокрой» трубкой

**Программа работы**

1. Изучение конструкции солнечного коллектора с «сухой» и «мокрой» трубкой.

- Исследование температурных зависимостей в солнечных коллекторах с сухой и мокрой трубкой.
- Составление отчета.

### Краткие теоретические сведения

*Солнечные коллекторы* – это специальные теплообменники, на которых энергия солнечного излучения преобразуется в тепловую энергию. Теплоносителем для передачи энергии от солнечного коллектора или солнечной батареи, собранной из группы коллекторов, может служить незамерзающая жидкость, вода или воздух.

В зависимости от рабочей температуры коллекторы можно поделить на 3 группы:

- *низкотемпературные*: температура теплоносителя до 100 °С. Как правило, это обычные плоские коллекторы;
- *среднетемпературные*: температура теплоносителя 30-165 °С. Это вакуумные коллекторы с трубкой «heat pipe»;
- *высокотемпературные*: температура теплоносителя 20-300 °С. Вакуумные коллекторы с рефлекторами и концентраторами.

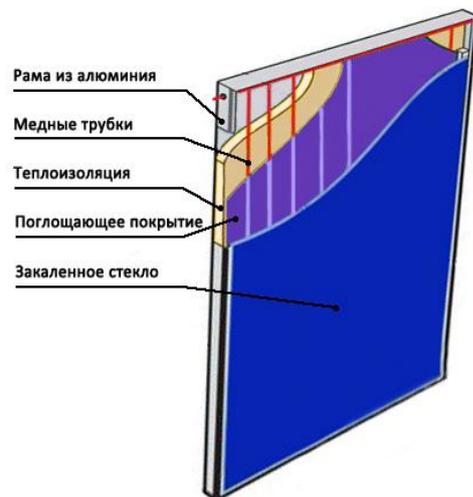
#### *Плоский солнечный коллектор.*

Внешне похож на толстое черное стекло. Конструктивно коллектор собирается на алюминиевой раме. На дне коллектора размещен теплоизолятор (обычно стекловата) для сохранения поглощенного тепла. Поверх стекловаты расположены медные трубки, припаянные к вышележащему слою абсорбирующего покрытия. Сверху конструкция плотно закрыта закаленным стеклом с высоким коэффициентом пропускания солнечного света.

Верхнее стекло имеет высокую пропускную способность для солнечного света (коэффициент пропускания 95%). Адсорбирующее покрытие под лучами солнца нагревается и начинает излучать тепло, спектр которого на 95% стеклом не пропускается. Таким образом, поглощенная энергия не рассеивается в пространстве, а передается медным трубкам, по которым циркулирует теплоноситель.

Плоские коллекторы могут быть как всесезонными, так и сезонными. Все зависит от типа системы (открытая – закрытая) и типа теплоносителя (вода или антифриз).

Конструкция плоских солнечных коллекторов использует прямое или рассеянное солнечное излучение и не предусматривает его концентрации. Они характеризуются простотой конструкции и низкой ценой.

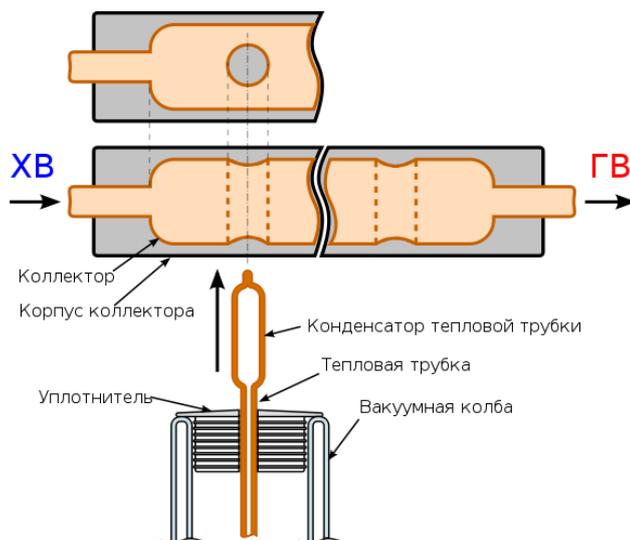


### Вакуумные солнечные коллекторы.

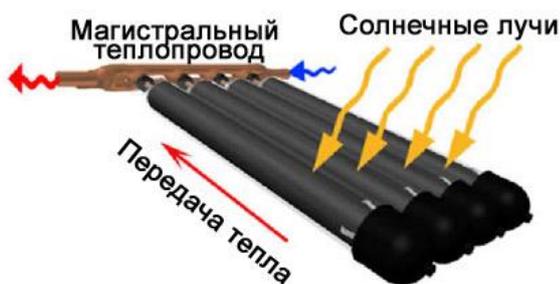
Имеют наибольшую эффективность. Конструктивно коллектор состоит из рамы и вакуумных трубок. Вакуумная тепловая трубка сделана из прочного боросиликатного стекла. Состоит из двух стеклянных трубок, между которыми создан вакуум для предотвращения теплопотерь. Наружная трубка полностью прозрачная, а на внутреннюю нанесено специальное поглощающее покрытие. Для поддержания высокой степени вакуума в трубке нанесен слой бариевого газопоглотителя. Он поглощает выделяемые при эксплуатации различные виды газов, а так же показывает исправность трубки. При разгерметизации, слой бария меняет цвет с серебристого на белый.



Внутри вакуумной трубки находится запаянная медная трубка, внутри которой – теплоноситель под низким давлением. Передача тепла от абсорбента осуществляется с помощью теплопроводящих ребер. Конец медной трубки (конденсатор тепловой трубки) имеет расширение, которое помещается в теплообменник с жидкостью (корпус коллектора). Жидкость – вода или антифриз.



При попадании солнечных лучей происходит следующее: абсорбент



нагревается и передает тепло по ребрам медной трубки. Жидкость внутри медной трубки закипает, пар поднимается вверх к конденсатору тепловой трубки. В конденсаторе пар отдает энергию холодным стенкам медной трубки, конденсируется, охлаждается и стекает назад в горячую область медной трубки. Стенки трубки

конденсатора нагреваются и отдают тепло жидкости протекающей через коллектор. Далее процесс повторяется.

### Солнечные коллекторы типа "мокрая трубка".



Конструктивно состоят из рамы, на которой монтируются вакуумные трубки и бак для горячей воды. Вакуумная "мокрая" трубка имеет более простую конструкцию. Она состоит из внешней и внутренней стеклянной трубок, между которыми создан вакуум. Внутренняя трубка покрыта слоем абсорбента. Теплопередача от слоя абсорбента осуществляется водой, которой эти трубки заполнены. Горячая вода из трубок поднимается в бак, а холодная из бака опускается в трубки для нагрева.

бак, а холодная из бака опускается в трубки для нагрева.

#### **Порядок выполнения работы**

##### **Этап 1. Изучение конструкции солнечного коллектора с «сухой» и «мокрой» трубкой**

Используя краткие теоретические сведения и дополнительную литературу изучить конструкцию и принцип действия солнечного коллектора с «сухой» и «мокрой» трубкой.

##### **Этап 2. Исследование температурных зависимостей в солнечных коллекторах с «сухой» и «мокрой» трубкой**

2.1. Для солнечного коллектора с «мокрой» трубкой измерить температуру теплоносителя (воды)  $t_{m(0)}$  в помещении. Для солнечного коллектора с «сухой» трубкой измерить температуру нагревательного элемента  $t_{н.э.(0)}$  в помещении.

2.2. Аккуратно взять вакуумную трубку и наполнить ее до половины теплоносителем (водой). Взять пирометр, тетрадку для записей, подготовленную для эксперимента вакуумную трубку и выйти на улицу.

2.3. Произвести 6 измерений температуры теплоносителя и нагревательного элемента для соответствующих вакуумных коллекторов через каждые 5 минут. Результаты измерений занести в таблицу:

$t_m, ^\circ\text{C}$	$t_{m(0)}$						
$t_{н.э.}, ^\circ\text{C}$	$t_{н.э.(0)}$						
время $T, \text{c}$	0	5	10	15	20	25	30

2.4. По результатам измерений построить температурные зависимости и сделать выводы.

##### **Этап 3. Составление отчета**

Отчет по данной лабораторной работе должен содержать:

1. Наименование работы и ее цель.
2. Краткое описание устройства и принципа работы солнечного коллектора с «сухой» и «мокрой» трубкой.
3. Результаты исследования температурных зависимостей.
4. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие типы солнечных коллекторов Вы знаете? Их конструкция, назначение, достоинства и недостатки.
2. Конструкция плоского солнечного коллектора.
3. Конструкция вакуумного солнечного коллектора.
4. В чем отличие вакуумного трубчатого солнечного коллектора от плоского вакуумного солнечного коллектора?
5. Какой тип энергоносителя используется в гелиосистемах?

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4**

### **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ЦИФРОВОГО ЛЮКСМЕТРА RS 180-7133**

**Цель работы:** ознакомление с конструкцией и принципом действия цифрового люксметра RS 180-7133

### **Программа работы**

1. Изучение конструкции и технических характеристик цифрового люксметра RS 180-7133.
2. Выполнение измерений освещенности в лаборатории с использованием всех функций прибора.
3. Составление отчета.

### **Краткие теоретические сведения**

*Люксметр* – это прибор, который используется для измерения уровня освещенности. Принцип работы люксметра основан на явлении фотоэлектрического эффекта. Свет, при попадании на полупроводниковый фотоэлемент, передает свою энергию электронам. В результате происходит высвобождение электронов в объеме полупроводника, вследствие чего через фотоэлемент начинает проходить ток. Величина силы тока пропорциональна освещенности фотоэлемента. Единица измерения освещенности называется *люкс*. Например, в яркий солнечный день освещенность составляет от 32 тысяч до 130 тысяч люкс, а при полнолунии в ясном небе – всего 0,27 люкс.

В первых аналоговых люксметрах шкалой служил гальванометр, проградуированный в люксах. Освещенность вычислялась по углу отклонения

стрелки гальванометра. Сейчас широкое распространение получил цифровой портативный люксметр. Такие приборы отображают результат на цифровом жидкокристаллическом экране. Корпус портативного люксметра сделан из прочного материала, а приемная часть прибора покрыта матовым стеклом для защиты фотоэлемента от механических повреждений и попадания на него прямых солнечных лучей. Измерительная часть прибора может быть жестко закреплена с корпусом, или соединится с ним посредством гибкого провода. Последний тип соединения позволяет измерять освещенность в труднодоступных местах.

Обычно при использовании люксметра в бытовых нуждах (например, при измерении освещенности в жилой комнате или на рабочем месте) нет необходимости применять дополнительные приспособления. Если же возникает проблема измерения очень высокого уровня освещенности (больше 100 тысяч люкс), используют специальную светорассеивающую или светопоглощающую насадку. При этом показания люксметра необходимо умножать на поправочный коэффициент.

### Порядок выполнения работы

#### Этап 1. Изучение конструкции и технических характеристик цифрового люксметра RS 180-7133



Цифровой люксметр RS 180-7133 предназначен для измерения освещенности от источников света различного типа при проведении работ в процессе наладки, ремонта и лабораторных исследований.

В стандартный комплект поставки RS 180-7133 входят: электронный блок, светочувствительный датчик, инструкция по эксплуатации.

#### Технические характеристики

Источники освещения	лампы дневного света вольфрамовые лампы флуоресцентные лампы ртутные лампы
Диапазон измерений	от 0 до 50000 люкс (три диапазона 0-1999, 2000-19990, 20000-50000 люкс)
Точность	±6% от диапазона
Тип датчика	специальный фотодиод и светофильтр
Питание	батарейка 9 В («Крона»)

Вывод информации	дисплей
Габаритные размеры	Размер электронного блока – 180 x 72 x 32 мм; размер зонда - 82 x 55 x 7 мм
Вес	335 г

## Этап 2. Выполнение измерений освещенности в лаборатории с использованием всех функций прибора

2.1. Ознакомиться с инструкцией прибора.

2.2. Произвести измерения освещенности в аудитории в люксах, килолюксах и фут-канделах. Результаты занести в таблицу.

2.3. При помощи дополнительной литературы ознакомиться с нормативами освещенности для лабораторных помещений и сделать выводы.

## Этап 3. Составление отчета

Отчет по данной лабораторной работе должен содержать:

1. Наименование работы и ее цель.
2. Описание принципа работы прибора.
3. Результаты выполнения измерений освещенности в лаборатории с использованием всех функций прибора.
4. Выводы.

## **Контрольные вопросы**

1. Конструкция и принцип работы люксметра.
2. Область применения люксметра.
3. Какие существуют нормативы освещенности для разных типов помещений?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ БЕСКОНТАКТНОГО ИНФРАКРАСНОГО ТЕРМОМЕТРА (ПИРОМЕТРА) DT-8862 И DT-8863**

**Цель работы:** ознакомление с конструкцией и принципом действия бесконтактного инфракрасного термометра (пирометра) DT-8862 и DT-8863

## **Программа работы**

1. Изучение конструкции и технических характеристик бесконтактного инфракрасного термометра (пирометра) DT-8862 и DT-8863.

2. Ознакомление с порядком работы бесконтактного инфракрасного термометра (пирометра) DT-8862 и DT-8863.
3. Выполнение измерений температуры различных объектов.
4. Составление отчета.

### **Краткие теоретические сведения**

*Пирометр* – это прибор, который измеряет температуру по тепловому электромагнитному излучению и предоставляет информацию в форме, удобной для пользователя. Наиболее распространенным классом среди устройств подобного рода являются инфракрасные пирометры, использующие метод радиационной пирометрии (другие названия — инфракрасный термометр или инфракрасный радиометр). Конструктивно такой прибор представляет собой пирометрический преобразователь и устройство отображения информации (аналоговое или цифровое).

Принцип действия инфракрасного пирометра основан на измерении абсолютного значения амплитуды электромагнитного излучения от объекта в инфракрасной части спектра и последующем преобразовании измеренного значения в температуру.

Основное назначение пирометров – дистанционное определение температуры различных объектов. Чаще всего они используются там, где контактное измерение температуры замедляет технологический процесс или вовсе не представляется возможным. Также бесконтактные измерители температуры получили довольно широкое распространение в сфере ЖКХ и быту. Их применение значительно снижает травмоопасность производства и увеличивает производительность труда.

### **Порядок выполнения работы**

#### **Этап 1. Изучение конструкции и технических характеристик бесконтактного инфракрасного термометра (пирометра) DT-8862 и DT-8863**

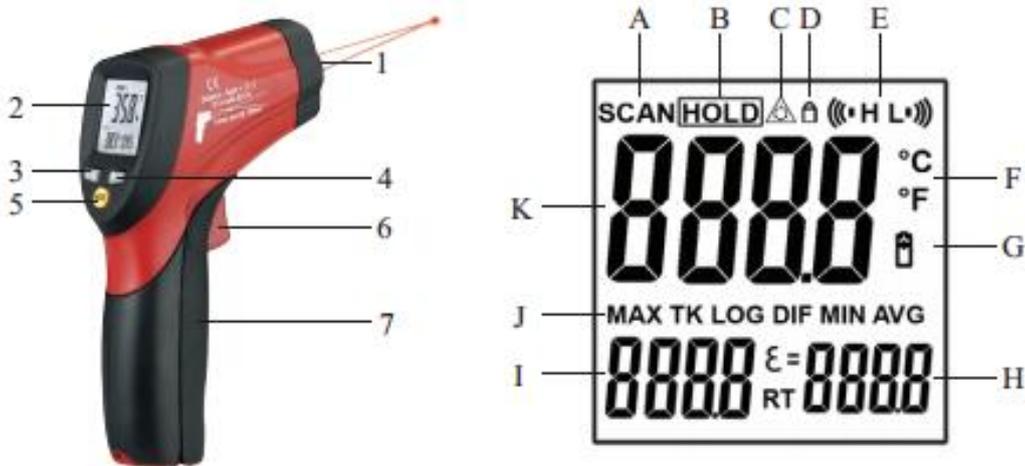
##### **Особенности**

- Мгновенное измерение 150 мс (типичное время измерения других моделей пирометров 500...1000 мс);
- Двойной лазерный указатель области измерения температуры;
- Тройной ЖК-дисплей с подсветкой;
- Регулируемый коэффициент излучения;
- 2 уставки с сигнализацией;
- Определение максимального значения;
- Автоматическое удержание показаний на дисплее;
- Режим мониторинга (блокировка автовыключения);
- Сигнализация выхода за пределы диапазона измерения;
- Автоматическое выключение после 7 секунд



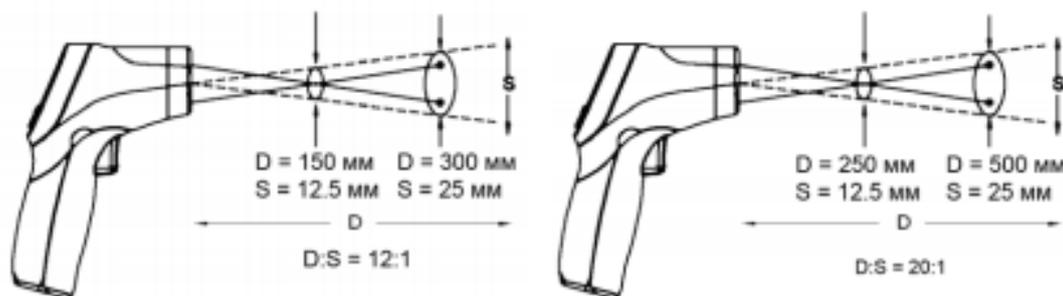
- бездействия;
- Индикация разряда батареи

## Этап 2. Ознакомление с порядком работы бесконтактного инфракрасного термометра (пирометра) DT-8862 и DT-8863



1. Откройте отсек питания (7) и установите в него 9В батарею, соблюдая полярность. Если батарея разряжена, на дисплее (2) отобразится индикатор разряда батареи (G).
2. Для включения прибора и начала измерения нажмите и удерживайте курок (6). Наведите лазерный указатель (1) на объект. На дисплее отобразится измеренное значение температуры (K). Значение будет обновляться, пока удерживается курок и активен индикатор **SCAN** (A). Для фиксации текущего значения температуры на дисплее отпустите курок. На дисплее отобразится индикатор **HOLD** (B).  
Примечание: с увеличением расстояния до объекта увеличивается размер пятна контроля измеряемой области. Для обеспечения высокой точности измерения необходимо, чтобы размер объекта был больше, чем размер пятна контроля.
3. Для включения или выключения подсветки дисплея нажмите кнопку ▼ (4) при удержании показаний (активном индикаторе **HOLD** (B)).
4. Для включения или выключения лазерного указателя нажмите кнопку ▲ (3) при удержании показаний. Индикатор (C) показывает текущее состояние указателя (если индикатор активен, то функция включена).

5. Используйте кнопки ▲ и ▼ (3, 4) для изменения коэффициента излучения (H) в режиме мгновенного измерения при нажатом курке или в режиме мониторинга.



6. Во время измерения прибор автоматически определяет максимальное измеренное значения. Данное значение отображается на вспомогательном дисплее (I) при активном индикаторе **MAX** (J).
7. Для задания режима работы нажмите кнопку **MODE** (5) необходимое число раз.
- EMS** (H) – задание коэффициента излучения, при помощи кнопок ▲ и ▼ (3, 4) в диапазоне 0,1...1,0 (по умолчанию: 0,95).  
Коэффициент излучения следует задать в зависимости от материала поверхности, на которой осуществляется измерение (см. табл. 1).
  - LOCK** (D) – вкл. / выкл. режима мониторинга (блокировка в режиме продолжительного измерения без автовыключения) при помощи кнопок ▲ и ▼ (3, 4). После включения режима нажмите курок (6) для начала измерения, ещё раз – для прекращения и выхода;
  - Hi on/off** (E) – вкл. / выкл. сигнализации по верхней уставке при помощи кнопок ▲ и ▼ (3, 4);
  - Hi** (E) – задание верхней уставки кнопками ▲ и ▼ (3, 4);
  - Lo on/off** (E) – вкл. / выкл. сигнализации по нижней уставке при помощи кнопок ▲ и ▼ (3, 4);
  - Lo** (E) – задание нижней уставки кнопками ▲ и ▼ (3, 4);
8. Для задания температурной шкалы (Цельсия / Фаренгейта) используйте переключатель, находящийся в отсеке питания (7). Индикатор °C/°F (F) показывает выбранную шкалу.
9. Автоматическое выключение произойдёт после 7 секунд бездействия.

Таблица 1

Таблица типичных значений коэффициента излучения

Объект Измерения	Коэффициент излучения	Объект измерения	Коэффициент излучения
Асфальт	0,90...0,98	Ткань (чёрная)	0,98
Бетон	0,94	Человеческая кожа	0,98
Цемент	0,96	Пена	0,75...0,80
Песок	0,90	Древесный уголь	0,96

Земля	0,92...0,96	Лак	0,80...0,95
Вода	0,92...0,96	Лак (матовый)	0,97
Лед	0,96...0,98	Резина (чёрная)	0,94
Снег	0,83	Пластмасса	0,85...0,95
Стекло	0,90...0,95	Древесина	0,90
Керамика	0,90...0,94	Бумага	0,70...0,94
Мрамор	0,94	Окиси хрома	0,81
Гипс	0,80...0,90	Окиси меди	0,78
Известковый Раствор	0,89...0,91	Окиси железа	0,78...0,82
Кирпич	0,93...0,96	Текстиль	0,90

Таблица 2

### Технические характеристики

Модель	<b>DT-8862</b>	<b>DT-8863</b>
Диапазон измерения	-50...650°C	-50...800°C
Разрешение	0,1°C	
Погрешность измерения (в диапазоне)	±2,5°C (-50...20°C) ±1°C ±1% (20...300°C) ±1,5% (300...800°C)	
Повторяемость	±1,3°C (-50...20°C) ±0,5°C ±0,5% (20...800°C)	
Оптическое разрешение*	12:1	20:1
Время отклика	150 мс	
Коэффициент излучения	0,1...1,0 (по умолчанию: 0,95)	
Длина волны	8...14 мкм	
Питание	9В батарея «Крона»	
Условия эксплуатации	0...50°C, 10...90%RH	
Условия хранения	-10...60°C, ≤ 80%RH	
Размеры	146 x 104 x 43 мм	
Вес	163 г	

Примечания: \* отношение расстояния к размеру пятна контроля

### МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ

1. Не направляйте лазерную указку в глаза или на сильно отражающие поверхности во избежание попадания луча в глаза.
2. Прибор следует беречь от электромагнитных полей, источников тепла, перепадов температуры и воды.
3. Пар, пыль, дым или другие частицы влияют на точность измерений, создавая помехи оптическим элементам прибора.

### Этап 3. Выполнение измерений температуры различных объектов.

Произвести измерения температуры различных объектов в лаборатории.  
Результаты занести в таблицу:

<i>наименование объекта</i>	<i>t, °C</i>

### Этап 3. Составление отчета

Отчет по данной лабораторной работе должен содержать:

1. Наименование работы и ее цель.
2. Результаты измерений различных объектов.
3. Выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Назначение пирометра.
2. Конструкция и принцип работы пирометра.
3. Какие меры предосторожности необходимо соблюдать при работе с пирометром.

# **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

**1.**

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. Определение вольт-амперной характеристики фотогальванической батареи .....</b>	<b>6</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. Последовательное и параллельное соединение солнечных батарей .....</b>	<b>10</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. Изучение устройства и принципа действия вакуумного трубчатого солнечного коллектора .....</b>	<b>13</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. Изучение конструкции и принципа действия цифрового люксметра RS 180-7133 .....</b>	<b>17</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. Изучение конструкции и принципа действия бесконтактного инфракрасного термометра (пирометра) DT-8862 и DT-8863 .....</b>	<b>19</b>
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	25

Составители:

Гребенюк Андрей Николаевич  
Кириченко Марина Сергеевна

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению лабораторных работ  
по дисциплине «Солнечная энергетика»

для студентов направления подготовки «Электротехника и электротехнологии»  
специальности «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»

Редакционно-издательский комплекс  
Печатается в редакционной обработке составителей

Подписано к печати . Формат .  
Бумага . Ризография. Условн. печат. лист. .  
Учетно-издат. лист. . Тираж экз. Заказ. №

ГВУЗ "НГУ"  
49005, г. Днепропетровск, просп. К. Маркса, 19