



Солнечная энергетика

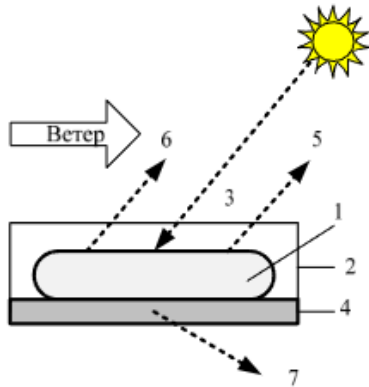
Дисциплина

Общая энергетика

доцент ОЭЭ

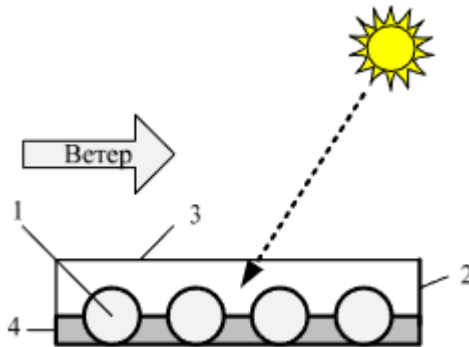
Шестакова Вера Васильевна

Солнечные нагревательные системы



Простейший нагреватель

- 1 – резервуар,
- 2 – контейнер,
- 3 – верхнее стекло,
- 4 – теплоизоляция,
- 5 – радиационные потери,
- 6 – конвективные потери
- 7 – потери через дно



Проточный нагреватель

- 1 – металлическая труба-змеевик,
- 2 – контейнер
- 3 – верхнее стекло
- 4 – металлическая теплопоглощающая плита, медная, черная

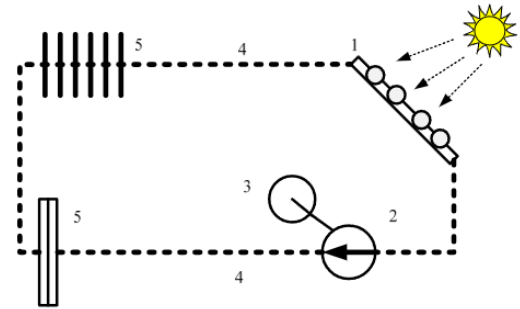
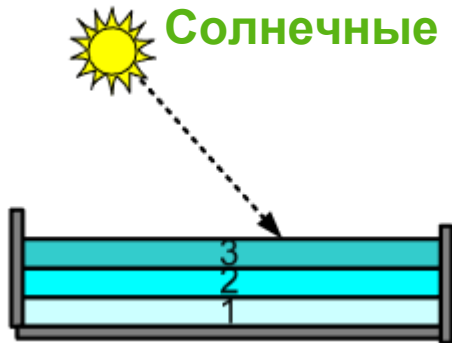


Схема системы отопления

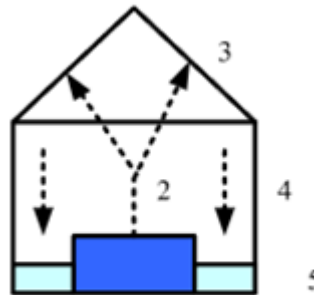
- 1 – проточный нагреватель
- 2 – насос,
- 3 – регулятор
- 4 – трубопровод,
- 5 – бак для ГВС или радиатор

Солнечные пруды



Солнечный пруд (водоем в земле) для нагрева воды до 100°C
1 – очень соленая вода (0,5 м)
2 – пресная вода
3 – соленая вода (теплозащитная крышка).

Излучение поглощается дном водоема.



Производительность: при излучении $0,5 \text{ кВт/м}^2$ – $8,3 \text{ л/м}^2$ в день

Опреснители

Солнечный дистиллятор для опреснения воды
1 – емкость с опресняемой соленой водой, черные стены и дно
2 – водяной пар, 3 – прозрачная крышка, 4 – капли конденсата, 5 – приемный желоб.

Освещение помещений

Световод – алюминиевая труба, изнутри покрытая серебром и отполированная до блеска, сверху на крыше купол из оргстекла, в помещении – линза-рассеиватель. Лучи света проходят по зеркальной трубе, отражаясь от её стенок.

Солнечные нагревательные системы

Плоский солнечный коллектор



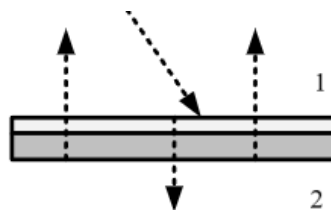
Селективная поверхность – хорошо поглощает солнечное излучение в коротковолновом диапазоне и плохо излучают в длинноволновом диапазоне

Максимальное тепловосприятие за счет избирательности компонентов поверхности к тепловому спектру солнечного потока.

Нагревает воду, проходящую по трубкам.

Летом до 90°C, зимой до 50°C.

3 м² нагревает объем воды 100 л

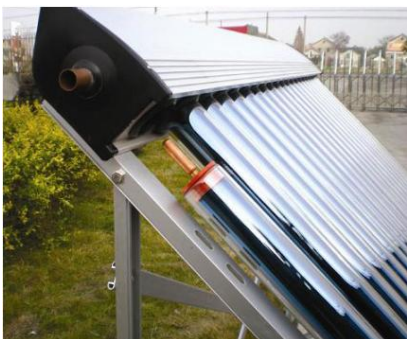


1 – слой двуокиси меди Cu_2O

2 – медная пластина

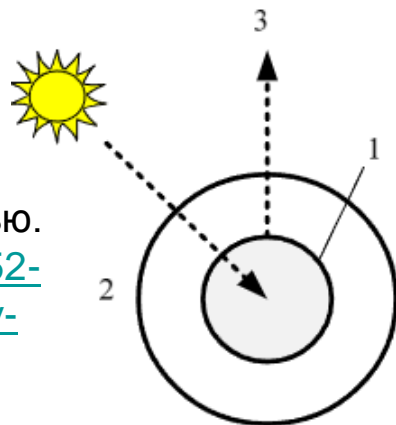
Солнечные нагревательные системы

Вакуумный солнечный коллектор



1. Теплоизоляция.
2. Корпус теплообменника.
3. Теплообменник (коллектор)
4. Герметичная пробка.
5. Вакуумная трубка.
6. Конденсатор.
7. Поглощающая пластина.
8. Тепловая трубка с рабочей жидкостью.

Подробнее: <https://srbu.ru/otoplenie/1552-solnechnye-kollektory-vidy-printsip-raboty-ustroystvo.html>

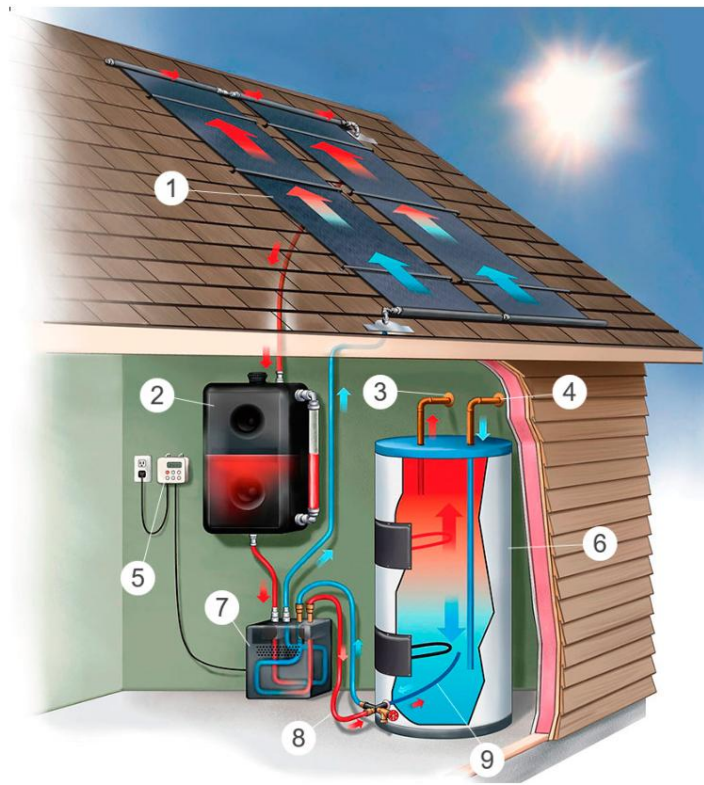


Вакуумированный приемник:

- 1 – стеклянная трубка с селективным покрытием,
2 – внутренняя стеклянная трубка.

Солнечные нагревательные системы

Нагревательная система с изолированным накопителем и принудительной циркуляцией



1. Солнечный коллектор.
2. Буферный бак.
3. Горячая вода.
4. Холодная вода.
5. Контроллер.
6. Теплообменник.
7. Помпа.
8. Горячий поток.
9. Холодный поток.

Подробнее:

<https://srbu.ru/otoplenie/1552-solnechnye-kollektory-vidy-printsip-raboty-ustrojstvo.html>

Солнечные системы для получения электроэнергии на основе термодинамического принципа

Размер до 30 м диаметром, получение **100-200 кВт** электрической энергии

$Q = Q_{\text{погл}} - Q_{\text{пот}}$ – тепловой поток, поступающий к теплоносителю

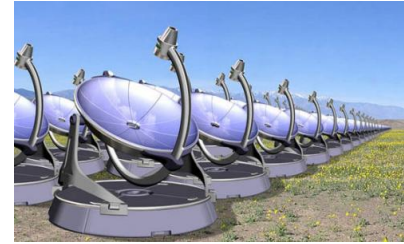
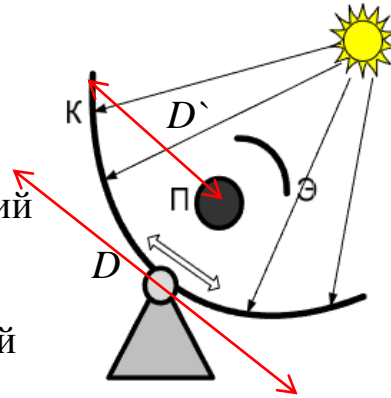
$Q_{\text{погл}} = \rho \alpha S E$ – энергия поглощения приемной трубкой П

ρ – коэф. отражения концентратора

α – коэф. поглощения приемника

$S = lD$ – площадь проекции концентратора

E – средняя плотность излучения, Вт/м²



Линейно-параболический концентратор П – приемник, поглощает излучение, Э – экран, уменьшает тепловые потери, К – концентратор (параболическое зеркало, поворачивается вслед за Солнцем)

$$Q_{\text{пот}} = \varepsilon (\sigma T^4) \frac{D}{D'} r l$$

ε – коэф. излучения поверхности трубки

σ – постоянная Стефана-Больцмана

T – температура приемника

r – радиус трубки

Расчет мощности нагрузки по потребителям для выбора мощности альтернативных источников

<https://solar-e.ru/solarcalc/> Онлайн калькулятор солнечных батарей

<input checked="" type="checkbox"/> Электrolампа	1	шт ×	60	Вт ×	5	часов	в сутки	0.30 кВт·ч в сутки
<input checked="" type="checkbox"/> Телевизор	1	шт ×	130	Вт ×	6	часов	в сутки	0.78 кВт·ч в сутки
<input type="checkbox"/> Холодильник	1	шт ×	100	Вт ×	6	часов	в сутки	
<input checked="" type="checkbox"/> Чайник	1	шт ×	2000	Вт ×	0,2	часов	в сутки	0.40 кВт·ч в сутки
<input checked="" type="checkbox"/> Микроволновка	1	шт ×	1500	Вт ×	0,2	часов	в сутки	0.30 кВт·ч в сутки
<input type="checkbox"/> Газ. котел	1	шт ×	200	Вт ×	6	часов	в сутки	
<input type="checkbox"/> Циркул. насос	1	шт ×	50	Вт ×	6	часов	в сутки	
<input checked="" type="checkbox"/> Компьютер	2	шт ×	350	Вт ×	3	часов	в сутки	2.10 кВт·ч в сутки
<input checked="" type="checkbox"/> Электроплита	1	шт ×	4000	Вт ×	2	часов	в сутки	8.00 кВт·ч в сутки
<input checked="" type="checkbox"/> Кофеварка	1	шт ×	1000	Вт ×	0,2	часов	в сутки	0.20 кВт·ч в сутки
<input checked="" type="checkbox"/> Стиральная машина	1	шт ×	1600	Вт ×	1,5	часов	в неделю	0.34 кВт·ч в сутки
<input checked="" type="checkbox"/> Утюг	1	шт ×	1500	Вт ×	2	часов	в неделю	0.43 кВт·ч в сутки

Средняя нагрузка **12.85** кВт·ч в сутки

Мощности солнечных модулей от 100 Вт до 560 Вт

Мощность бытовых приборов (потребление за 1 час)

Телевизор Led – **50-150 Вт**

Холодильник класса А – **100-300 Вт** (во время работы компрессора)

Ноутбук – **20-50 Вт**

Лампа энергосберегающая – **30 Вт**, Светодиодная **3-9 Вт**

Бойлер – **2000 Вт**

Роутер – **10-20 Вт**

Кондиционер – **700-900 Вт**

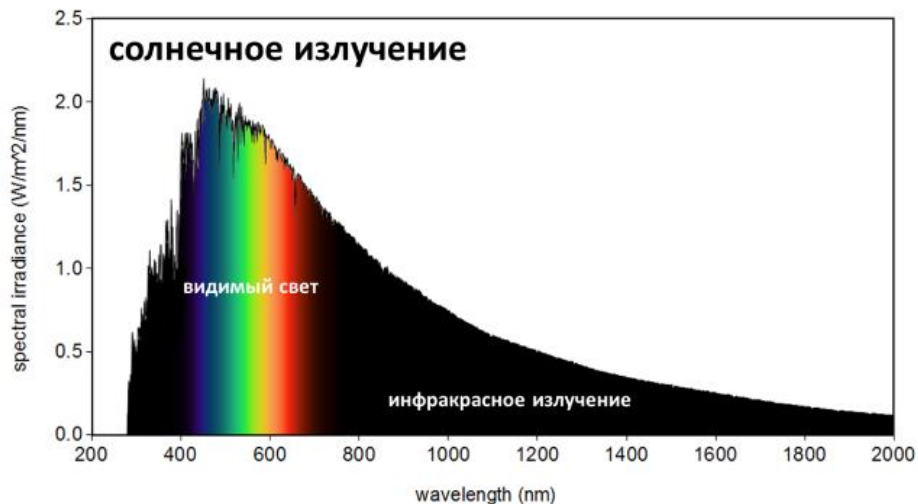
Эл. чайник – **1500 Вт.**

Микроволновка – **500-700 Вт**

Стиральная машина – **700-1000 Вт**

...

Почему невозможно сделать солнечную батарею с эффективностью в 100%?



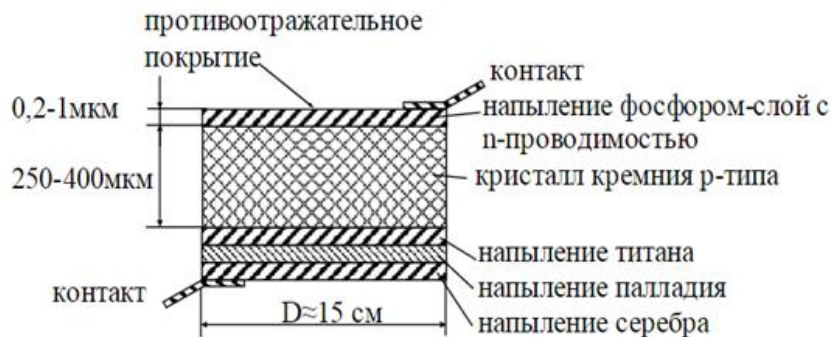
Куда теряются 70%
солнечного излучения?

Тандемное устройство из
перовскита и кремния.
Перовскитные фотоэл. модули –
эффективны в ультрафиолетовом
и видимом диапазонах.
Кремниевые – видимое и ИК
излучение

КПД солнечных батарей около 20%

Конструкция фотоэлемента

Фотоэлектрическая генерация – процесс прямого преобразования солнечного излучения в электрическую энергию на основе внутреннего фотоэффекта (воздействие на монокристаллический кремний электромагнитного излучения).



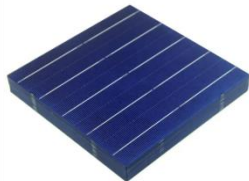
Титан – для низкоомного контакта с кремнием.

Палладий – предупреждение химического взаимодействия между титаном и серебром.

Серебро – образование токопроводящей сетки.

Конструкция фотоэлемента.

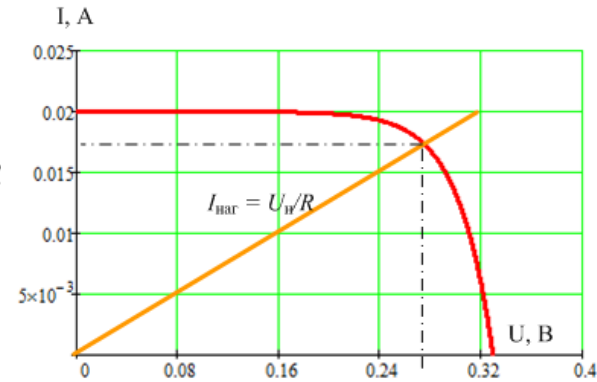
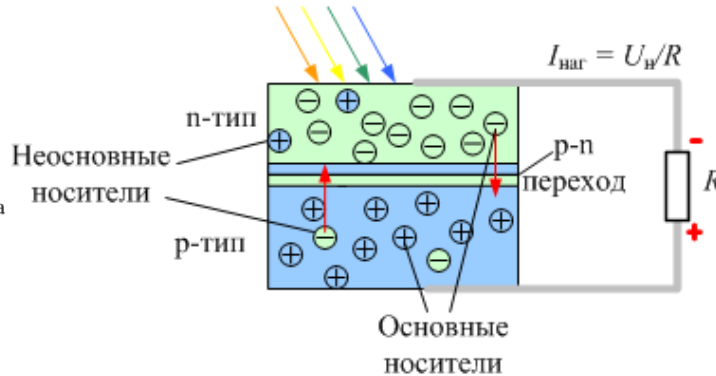
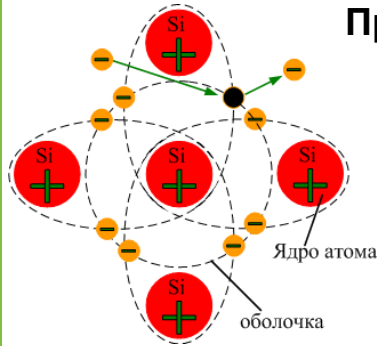
Размеры: 10x5, 15x15, 15x7.5 см.



0,5 В, 2.5 Вт

Фотоэлектрическая генерация

Принцип действия полупроводникового фотоэлемента



ВАХ фотоэлемента

При облучении кремния фотонами с энергиями, больше энергии запрещенной зоны, $h\nu > E_g$, в кремнии появляются дополнительные свободные носители фотоэлектроны и фотодырки. Поток генерируемых светом носителей образует фототок.

$$I_{нар} = I_{\phi} - I_{неосн} \left(e^{\frac{eU_{н}}{kT}} - 1 \right)$$

I_{ϕ} – фототок

$I_{неосн}$ – ток неосновных носителей

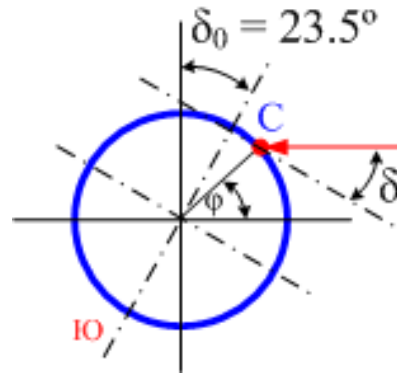
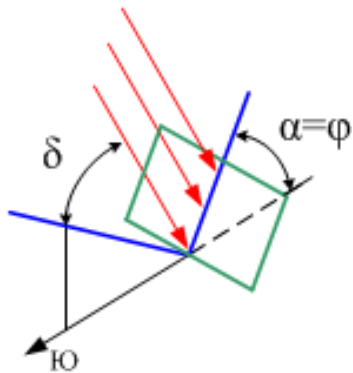
$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана

T – температура фотоэлемента, К

Задание 1

Сформулируйте правила установки солнечных элементов

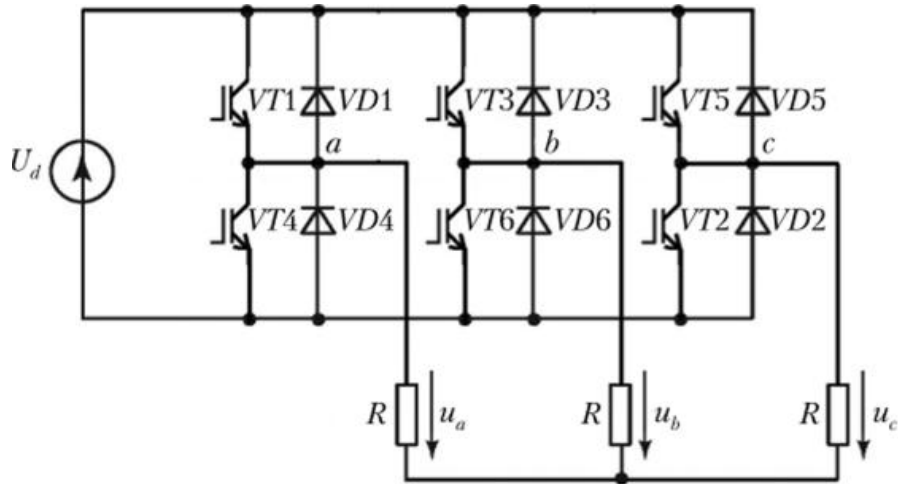


Зависимость угла падения лучей от дня года

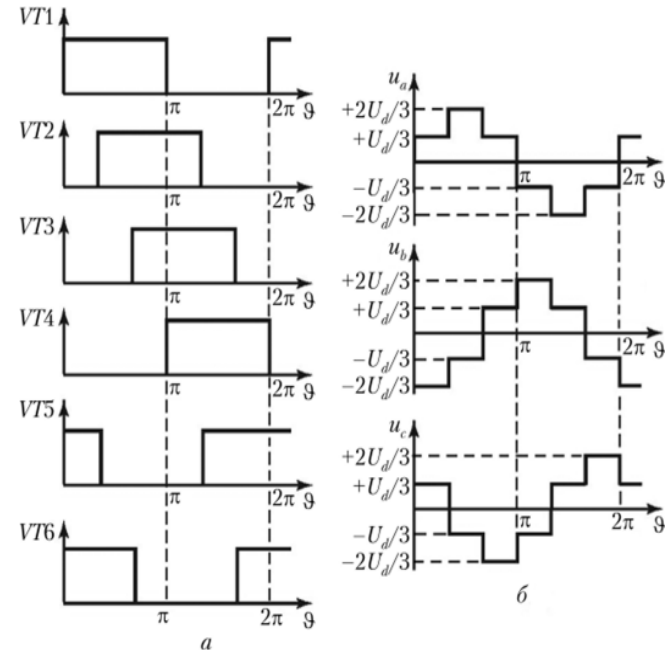
Задание 2

Нарисуйте электрическую схему СЭС (один энергоблок) с фотоэлектрическим преобразователем солнечной энергии с трехфазным мостовым инвертором и с повышающим трансформатором с выходным линейным напряжением 10 кВ.

$$U_{ab} = U_{bc} = U_{ca} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot U_d; \quad U_a = U_b = U_c = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot U_d$$



Трехфазный мостовой инвертор с активной нагрузкой



Задание 3

Определите количество модулей (панелей) для СЭС мощностью 100 кВт. Определите площадь СЭС.



Монокристалл. Шунтирующие диоды. Устойчивость против ветра и града. Пониженная потеря света даже при тусклом освещении.
Гарантия 25 лет

Номинальная мощность, Вт	250	Рабочая температура, °С	-40 – +55
Номинальное напряжение, В	48,6	Вес, кг	29,5
Номинальный ток, А	5,15	Размеры модуля (96 фотоэлементов последовательно, 12 – параллельно), мм	1596 × 1596 × 46
Напряжение холостого хода, В	59,8	Размеры фотоэлемента (ячейки), мм	47 × 47
Ток короткого замыкания, А	5,38	КПД модуля, %	14,7
Максимальное напряжение системы, В	750		

Солнечная батарея (панель) из 12 модулей

Задание 4

Солнечный энергоблок $P = 100$ кВт,
напряжение на входе инвертора $U_d = 583$ В.

Определите:

- фазное напряжение на выходе инвертора,
- фазный ток на выходе инвертора.

Определите КПД преобразования солнечной энергии в фотопреобразователе

- $E = 200$ Вт/м² – расчетной интенсивности солнечного излучения кВт/м².
- $\Delta I = 40$ А/м² – плотность тока фотоэлемента, А/м²,
- $U = 0,5$ В – напряжение фотоэлемента, В.

Определите полный КПД энергоблока, если

- КПД инвертора 99%,
- КПД трансформатора 99%

Рекомендуемая литература



1. Олешкевич, М. М. Нетрадиционные источники энергии : учебно-методическое пособие / М. М. Олешкевич. — Минск : БНТУ, 2016. — ISBN 978-985-550-548-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/248141> (дата обращения: 23.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Мартюшев, Д. А. Возобновляемые источники энергии : учебное пособие / Д. А. Мартюшев, П. Ю. Илюшин. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — ISBN 978-5-398-01455-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160508> (дата обращения: 23.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

