

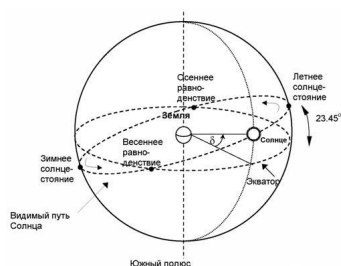
### Солнечная энергия

Солнечная энергия - это энергия солнечного излучения.

□ **Астрономические понятия, связанные с движением солнца по небесной сфере.**

### Небесная сфера

Небесная сфера (н.с.) - это воображаемая сфера произвольного радиуса, на которую проектируются небесные светила, в т. ч. Солнце. В зависимости от решаемой задачи центр небесной сферы может быть помещен в точку, где находится наблюдатель (топоцентрическая н.с.) и т.д.



□

□

### Зенит

Зенит - точка на небесной сфере, определяемая по нормали к поверхности наблюдения.

Зенитный угол - это угол между направлением на Солнце и вертикалью.

*Примечание: Для земного наблюдателя с точки, имеющей широту  $\varphi$ , вертикальная линия пересекает небесную сферу в двух точках: зенит и надир.*

### Высота Солнца

Высота Солнца - это угол  $h$  между направлением на Солнце и горизонтальной поверхностью.

$$h = 90^\circ - \varphi.$$

### Азимут

Азимут ( $y$ ) - это отклонение от меридиана проекции на горизонтальную плоскость нормали к поверхности приемника ( $y = 0$  для плоскости, ориентированной строго на юг;  $y > 0$  -

ориентированной к западу от направления строго на юг;

$y < 0$

- к востоку. Для горизонтальной плоскости полагаем

$y = 0$

).

### Горизонт, ось мира, небесный экватор и полюсы мира

Плоскость, проходящая через центр небесной сферы, перпендикулярно вертикали, пересекает сферу по кругу, называемому истинным горизонтом.

Прямая, проходящая через центр сферы параллельно оси вращения Земли, называется осью мира, а точки пересечения ее с небесной сферой - северным и южным полюсами мира.

Плоскость, проходящая через центр небесной сферы перпендикулярно оси мира, пересекает сферу по большому кругу, называемому небесным экватором.

□

### Склонение Солнца

Склонение - это угловое положение Солнца в солнечный полдень относительно плоскости небесного экватора (положительное для северного полушария).

Угол между направлением к Солнцу и экваториальной плоскостью является мерой и причиной сезонных изменений.

*Примечание: в северном полушарии плавно меняется от  $+23,45^\circ$  в период летнего солнцестояния до  $-23,45^\circ$  в период зимнего солнцестояния.*

### □ Часовой угол

Угол между меридианом, проходящим через Северный Полюс солнца, и меридианом точки наблюдения. Часовой угол описывает позицию солнца в данный момент времени.

Часовой угол  $w$  равен нулю в солнечный полдень; каждый час соответствует  $15^\circ$  долготы, причем значения часового угла до полудня считаются положительными, а после полудня - отрицательными (например,  $w = +15$  в 11.00 и  $w = -37,5$  в 14.30).

### Равноденствие

Периоды в году, когда ось вращения Земли оказывается перпендикулярной к линии, соединяющей центры Земли и Солнца, т. е. когда в полдень угол между направлением на Солнце и плоскостью небесного экватора равен 0, называется равноденствием. Весеннее равноденствие - 21 марта и осеннее - 23 сентября.

### Солнцестояние

Периоды в году, когда угол между направлением на Солнце и плоскостью небесного экватора по абсолютной величине максимален,  $+23,45^\circ$  - в день летнего солнцестояния (22 июня) и  $-23,45^\circ$  - в день зимнего солнцестояния (22 декабря).

### Угол падения потока излучения ( $\varphi$ )

Угол между направлением потока излучения и нормалью к поверхности приемника называется углом падения лучей.

□

### Солнечное излучение: термины.

#### Солнечная постоянная

Интенсивность солнечного излучения, падающего на площадку, перпендикулярную этому потоку и расположенную вне атмосферы Земли на расстоянии  $1,496 \cdot 10^8$  км от Солнца (среднее расстояние от Земли до Солнца).

Солнечная постоянная  $G$  равна  $1353 \text{ Вт/м}^2$ .

*Примечания: В действительности плотность потока излучения, достигающего верхней границы атмосферы, отличается от солнечной постоянной вследствие флуктуаций потока солнечной энергии менее чем на  $\pm 1,5\%$  и вследствие предсказуемых изменений расстояния*

Земля

-

Солнце

,

вызванных

слабой эллиптичностью

земной

орбиты

,

на

$\pm$

4%

в

те

чение

года

.

*Примечание: В среднем около 30% интенсивности космического солнечного излучения*

*от-*

*ражается*

*обратно*

*в*

*космическое*

*простран-ство*

.

*Большую*

*часть*

*излучения*

*отражают*

*об-*

*лака*

,

*меньшую*

*снег*

*и*

*лед*

*на*

*поверхности*

*Зем-ли*

.

*Плотность*

*оставшегося*

*потока*

коротко-  
волнового  
солнечного  
излучения  
составляет  
примерно  
(1-  
р  
0)-1,3  
кВт  
/  
м  
2 ~ 1  
кВт  
/  
м  
2.

### Прямое излучение

Прямым излучением называется поступающее к Земле от Солнца излучения без изменения направления, в виде почти параллельных лучей. Прямое излучение на перпендикулярную лучам поверхность  $S$ , прямое излучение на горизонтальную поверхность  $S' = S \cdot \sin h$ .

### Диффузное (рассеянное) излучение

Диффузным (рассеянным) излучением  $D$  называется поступающее от Солнца излучение после изменения его направления вследствие отражения и рассеяния атмосферой.

### Суммарное излучение

Сумма прямого и диффузного (рассеянного) излучения на горизонтальной ( $Q = S' + D$ ) или наклонной поверхности в данный момент времени.



### □ Плотность потока (интенсивность) излучения

Количество энергии, переносимой в единицу времени (поток энергии) через единичную площадку, называется плотностью потока или интенсивностью излучения.

Условное обозначение  $I_e$ . Единица измерения в системе СИ: ватт на квадратный метр (Вт/м<sup>2</sup>).

### Период облучения

Период воздействия на поверхность суммарного солнечного излучения.

*Примечание: Период облучения имеет важное значение в области применения солнечной энергии.*

*Максимальное, минимальное и среднее значения за длительный промежуток времени в большинстве случаев определяются местными метеорологическими станциями.*

□

### Иррадиация (энергетическая экспозиция) облучаемой поверхности

Энергия излучения, приходящая на единицу площади за определенный промежуток времени и выражаемая в джоулях на  $m^2$  ( $Дж/м^2$ ).

Используются также и другие единицы измерения: киловатт-час на  $m^2$  ( $кВт-ч/м^2$ ),  
ватт-час на

$m^2$   
 $(Вт-ч/м^2)$   
).

*Примечание: Термин иррадиация обычно используется относительно определенного времени-периода (день, месяц, сезон, год).*

## Коэффициент плотности потока излучения

Отношение фактической интенсивности облучения к теоретическому максимуму возможной плотности потока излучения.

*Примечание: Теоретический максимум возможной интенсивности излучения может быть определен длительным рядом измерений для данного участка и необходимой корректировкой с учетом эффекта орографических помех, растительности, застройки смежных территорий и т.п.*

□ Плотность потока солнечного излучения с учетом временного интегрирования

Для проектировки и функционирования установок с использованием солнечной энергии этот показатель требуется для:

- определения предполагаемой работоспособности установки,
- оценки энергосберегающего оборудования,
- оценки возможной дополнительной энергетической поддержки,
- для получения информации о таких временных характеристиках, как:
  - коэффициент летней/зимней иррадиации,
  - средней месячной/дневной иррадиации,
  - коэффициент иррадиации за неделю/день,
  - средний ежегодный поток солнечного излучения (иррадиации),
  - максимальный и минимальный ежегодный поток солнечного излучения (иррадиации).

### □ Суточный и сезонный показатели поступления потока излучения

На основе результатов длительных испытаний устанавливают среднее значение

иррадиации для:

- летних и зимних суток,
- летних и зимних месяцев

*Примечание: Помимо среднего значения представляет интерес минимальное значение и ррадиации*

.  
Так  
,  
в  
европейских  
широтах  
показа-  
тели  
иррадиации  
колеблются  
от  
6  
в  
летние месяцы  
до  
1 -  
зимой

.  
Дневной  
показатель  
в  
за-  
висимости  
от  
периода  
(  
зима  
или  
лето  
)  
сос-тавляет  
от

24  
до  
1.  
Указанные  
величины  
приводятся  
с  
учетом  
многолетних  
испытаний  
и являются  
средне  
статистическими

Примечание: Полученные в результате многократных измерений эти показатели могут быть важными при проектировании (программировании) установки для заданного интервала времени. В большинстве случаев, значение показателя соответствует средней интенсивности потока излучения, но

при  
прогнози-ровании

,  
как  
допустимые

,  
могут  
использо-ваться

и  
минимальные

ее  
значения

.  
Это  
также  
может  
быть  
использовано при  
сравнении  
летних  
и  
зимних  
значений

.

□

### Среднегодовая иррадиация, создаваемая потоком излучения

Полученная в результате многократных изме-рений, плотность потока (интенсивность) излу-чения. Выражается в ваттах на единицу площади по-верхности ( $Вт/м^2$ ).

Общая среднегодовая (интегрированная по времени) интенсивность потока излучения - ирра-диация - выражается в ватт-часах на единицу пло-щади поверхности как средняя

интенсивность по-тока излучени ( $\text{Вт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  ).

### Спектр солнечного излучения

Солнечный спектр можно разделить на три ос-новные области:

1. ультрафиолетовое излучение ( $l < 0,38$  мкм) 9% интенсивности солнечной радиации – его можно разделить на отдельные участки:

- коротковолновая ультрафиолетовая об-ласть ( $l < 0,3$  мкм), солнечного излучения практически полностью отсутствует на уровне моря всле-дствие поглощения молекулами  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $O$ ,  $N_2$  и их ионами в атмосфере;

- ближний ультрафиолетовый диапазон ( $0,3 \text{ мкм} < l < 0,38$  мкм). Проходит очень малая доля из-лучения, но вполне достаточная для загара;

2. видимое излучение ( $0,38 \text{ мкм} < l < 0,75$  мкм). Чистая атмосфера практически полностью пропус-кает видимое излучение и становится "окном", отк-рытым для прихода на Землю солнечной энергии. Около половины (45%) потока солнечного излу-чения приходится на этот спектральный диапазон;

3. инфракрасное излучение ( $0,75 \text{ мкм} < l < 2,5$  мкм). На этот диапазон спектра приходится почти пловина (46%) интенсивности космического сол-нечного излучения.

*Примечание:  $l$  - длина волны солнечного излучения.*

*Примечание: Все три области спектра от-носятся к коротковолновому излучению. Вклад*  
**В**



поток  
солнечной  
радиации  
излучения  
с  
длиной  
волны  
больше  
2,5  
мкм  
пренебрежимо  
мал  
,  
а  
в области  
спектра  
дальнего  
инфракрасного  
диа-  
пазона  
(  
/  $>12$   
мкм  
)  
атмосфера  
практически полностью  
непрозрачна  
.

Примечание: Более 20% солнечной энергии поглощается в атмосфере, в основном пара-  
ми воды  
и  
углекислым  
газом  
.

Концентрация  
CO<sub>2</sub>  
в  
атмосфере  
относительно  
постоянна  
и

составляет  
около  
0,03%,  
а  
концентрация  
паров воды  
меняется  
очень  
сильно  
-  
почти  
до  
4%.  
По-  
этому  
изменение  
спектрального  
распределения  
солнечного  
излучения  
в  
основном  
зависит от  
влажности  
и  
запыленности  
атмосферы  
да-же  
в  
отсутствие  
облаков  
.  
Эти  
факторы  
мож-  
но  
оценить  
с  
помощью  
индекса  
ясности  
К  
т  
.

### Воздушная масса атмосферы (AM)

$$m = \sec q_z \cdot \dots$$

Воздушная масса, характеризующая увеличение длины пути при наклонном падении луча под углом  $q_z$ , называется оптической массой и обозначается символом AM.

#### □ Излучательная способность

Излучательная способность поверхности излучения есть отношение плотностей потоков излучения, испускаемых соответственно данной поверхностью и поверхностью эквивалентного черного тела с той же температурой.

*Примечание: Излучательная способность реальных тел зависит в общем случае от их температуры*

*Примечание: Абсолютно черное тело есть объект, поверхность которого поглощает все падающее на него излучения*

*Примечание: Никакое реальное тело не может излучать больше энергии, чем эквивалентное по форме и размерам черное тело при такой же температуре*

### **Поглощательная способность (коэффициент поглощения)**

Поглощательная способность или коэффициент поглощения равен отношению поглощенной веществом или поверхностью части падающего потока излучения ко всему потоку излучения.

*Примечание: Коэффициент поглощения зависит от спектрального состава падающего излучения*

*Примечание: Никакое реальное тело не может поглощать больше энергии, чем эквивалентное по форме и размерам черное тело при такой же температуре*

### □ Коэффициент пропускания

Коэффициент пропускания  $\tau$  равен отношению прошедшей через вещество части падающего по-тока излучения ко всему потоку излучения.

### Отражательная способность (коэф-циент отражения)

Отражательная способность или коэффициент отражения  $\rho$  равен отношению отраженной от по-верхности вещества части падающего потока из-лучения ко всему потоку излучения.

### Коэффициент мутности атмосферы

Коэффициент, характеризующий количество аэрозолей, находящихся в воздухе, по отношению к нормативному их содержанию. Он позволяет вы-числять ослабление непосредственного излу-чения, вызванное аэрозолями, для определенной длины волны, а также для любой другой длины волны солнечного спектра, если известен ее диа-пазон рассеивания.

*Примечание: используются следующие ко-эффициенты мутности :*

*- коэффициент Ангстрема, соответствующий длине волны 1 мкм, который находится в диапазоне от 0,02 (чистая атмосфера)*

до  
0,2 (загрязненная атмосфера).

- коэффициент Шеппа

- коэффициент Валко.

Все эти коэффициенты рассматривают эффект только от наличия аэрозолей в воздухе, принимая во внимание, что ослабление солнечного излучения зависит также от молекулярной диффузии и поглощения атмосферными газами (озон, водяной пар, углекислый газ и т.д.).

### □ Индекс ясности

Индекс ясности  $K_T$  представляет собой отношение лучистой энергии прямого излучения, пришедшей на горизонтальную поверхность за определенный период времени (обычно за один день), к энергии, пришедшей за тот же период времени на параллельную поверхность, расположенную вне атмосферы.

Самые ясные дни характеризуются оптической массой  $m=1$  и соответственно  $K_T=0,8$ . Для таких дней доля диффузной составляющей излучения равна примерно 0,2; она увеличивается до 1,0 в пасмурные дни ( $K_T$

$=0$ ). В солнечные дни при наличии в атмосфере значительного количества аэрозолей или при небольшой облачности рассеянная составляющая может достигать 0,5, т.е.  $K_T=0,5$ .

### Ясное небо

Состояние неба без облаков, которое соответствует минимальному значению коэффициента или фактора мутности.