

**ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СУТИ ЗАДАЧ,
РЕШАЕМЫХ КАФЕДРОЙ ФМЭГ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЕЮ ВЫПУСКНИКОВ,
И О УЧАСТИИ В ИХ РЕШЕНИИ**

1. Автономное и централизованное снабжение потребителей экологически чистой солнечной электроэнергией

Первичной абсолютно бесплатной энергией для возобновляемого получения экологически чистой электроэнергии в необходимых для человеческой цивилизации масштабах является энергия солнечного излучения.

Источником энергии солнечного излучения служит термоядерная реакция. Каждую секунду примерно $6 \cdot 10^{11}$ кг H_2 превращаются в He. Дефект массы при этом составляет $4 \cdot 10^3$ кг, что приводит в соответствии с соотношением Эйнштейна $E = mc^2$ к выделению энергии, равной $4 \cdot 10^{20}$ Дж. Основная часть этой энергии испускается в виде электромагнитного излучения в диапазоне от ультрафиолетового до инфракрасного (0,2—3 мкм). Полная масса Солнца в настоящее время составляет $\sim 2 \cdot 10^{30}$ кг, что должно обеспечивать его достаточно стабильное существование примерно с постоянным выделением энергии в течение свыше 10 млрд. (10^{10}) лет.

Интенсивность солнечного излучения в свободном пространстве на расстоянии, равном среднему расстоянию между Землей и Солнцем, называется солнечной постоянной. Ее величина равна 1353 Вт/м^2 [4, 10]. При прохождении через атмосферу солнечный свет ослабляется в основном благодаря поглощению инфракрасного излучения парами воды, поглощению ультрафиолетового излучения озоном и рассеянию излучения находящимися в воздухе частицами пыли и аэрозолями. Показатель атмосферного влияния на интенсивность солнечного излучения, доходящего до земной поверхности, определяется «воздушной массой» (AM).

Примечание: среднее расстояние от Земли до Солнца 150 млн. км (1 а. е.).

По вычислениям, выполненным на эпоху 1980 г., при солнечной постоянной 1360 Вт/м^2 плотность потока солнечного излучения на границе атмосферы Земли изменяется от среднего значения в пределах $\pm 3,5\%$ — от 1406 Вт/м^2 в начале января каждого года, когда Земля находится на минимальном расстоянии от Солнца, до 1315 Вт/м^2 в июле, когда Земля расположена в дальней точке орбиты (табл. 4.1) [366].

Более подробные сведения о внеатмосферном солнечном излучении суммированы в обзоре [367].

Таблица 4.1

Плотность потока солнечного излучения на орбитах планет

Планета	Плотность солнечного потока, Вт/м ²		
	На среднем расстоянии от Солнца	В перигелии	В афелии
Меркурий	9071	14388	6242
Венера	2599	2634	2565
Земля	1360	1406	1315
Марс	586	713	490
Юпитер	50,2	55,5	45,7

Наземное солнечное излучение

Выбор стандартных параметров наземного излучения усложняется значительной вариацией условий, при которых может работать солнечный элемент. Интенсивность и спектр солнечного излучения на поверхности Земли зависят от высоты Солнца над горизонтом, от высоты местности над уровнем моря, от состояния атмосферы и оптических свойств подстилающей поверхности. Высота Солнца над горизонтом определяет длину пути лучей в атмосфере. Вводится специальная величина, называемая оптической массой атмосферы m .

Единицей атмосферной массе соответствует путь, пройденный солнечными лучами при вертикальном падении до уровня моря. Для плоскопараллельной модели атмосферы оптическая масса на уровне моря практически равна косекансу высоты Солнца. Для реальной атмосферы это соотношение хорошо выполняется начиная от угла 10° [371]. Атмосферным массам (на уровне моря) 1; 1,5; 2; 3; 5 соответствуют следующие значения высоты Солнца: 90° , $41^\circ 49'$, 30° , $19^\circ 27'$ и $11^\circ 32'$. Атмосферная, или воздушная, масса зависит также от высоты местности над уровнем моря: с увеличением высоты значение атмосферной массы снижается пропорционально давлению воздуха. На верхней границе атмосферы масса равна нулю.

Воздушная масса принимается равной единице на Земле на уровне моря при ясном безоблачном небе, когда Солнце находится в зените и лучи его падают перпендикулярно на поверхность измеряемых элементов (атмосферное давление в этом случае $p_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Па).

Воздушная масса в любой точке земной поверхности может быть определена по уравнению

$$m = p/p_0 \sin \theta = p \operatorname{cosec} \theta/p_0, \quad (4.1)$$

где p , θ — давление воздуха и угол, определяющий высоту Солнца над линией горизонта, в данной точке поверхности Земли; $p_0 = 1,013 \cdot 10^5$ Па.

Состав атмосферы существенно влияет на параметры излучения. Проходя сквозь атмосферу, радиация претерпевает поглощение и рассеяние. Поглощение обусловлено целым рядом составляющих атмосферы: водяным паром, озоном, кислородом, углекислым газом и др. В основном поглощение определяется водяным паром. Рассеяние вызывается молекулами газов (рэлеевское рассеяние) и аэрозолями. Аэрозольное рассеяние зависит от количества и размера частиц пыли, взвешенной в атмосфере.

Так, например, рассчитано, что при отсутствии облачности, а также аэрозолей, и перпендикулярном падении солнечного излучения на плоскую поверхность его удельная мощность $P_{\text{и}}^*$ составляет в полдень 30 июня примерно:

в тропическом поясе ($\varphi \approx 23^\circ$ с.ш., $\theta \approx 90^\circ$)

режим облучения AM1D - 947 Вт/м^2 ;
режим облучения AM1G - 1042 Вт/м^2 ;

материковая Норвегия, ($\varphi \approx 71^\circ$ с.ш., $\theta \approx 42^\circ$)

режим облучения AM1,5D - 846 Вт/м^2 ;
режим облучения AM1,5G - 931 Вт/м^2 ;

остров Шпицберген в Гренландском море ($\varphi \approx 83^\circ$ с.ш., $\theta \approx 30^\circ$)

режим облучения AM2D - 765 Вт/м^2 ;

режим облучения AM2G - 841 Вт/м^2 ;

Крымский полуостров, летом ($\varphi \approx 45^\circ$ с.ш., $\theta \approx 68^\circ$)

режим облучения AM1,1D - 925 Вт/м^2 ;

режим облучения AM1,1G - 1017 Вт/м^2 ;

Примечание: D – только прямой (Direct) поток излучения;

G - полный (Global = D + рассеянный небесным куполом) поток излучения.

Начиная с 50-х годов XX века непрерывно совершенствуется и все шире используется для космического и наземного применения фотоэлектрический метод прямого преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию.

Реализация этого метода осуществляется с помощью полупроводниковых приборов – фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) и устройств на их основе – фотоэлектрических солнечных модулей (ФСМ), фотоэлектрических солнечных батарей (ФСБ), солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ), фотоэлектрических солнечных электростанций (ФСЭС).