

**УДК 621.316**

В.М. САДОВСКИЙ, студент гр. ЭПб-142 (КузГТУ)

И. С. АРТЮХ, студент гр. ЭРб-141(КузГТУ)

А. Е. ДЕНИСОВ, студент гр. ЭРб-141 (КузГТУ)

А.Д. ЕВТУШЕНКО, студент гр. ЭПб-142 (КузГТУ)

Научный руководитель: И.Н. ПАСКАРЬ, старший преподаватель(КузГТУ)  
г. Кемерово

## **ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В ГОРОДЕ КЕМЕРОВО**

Практически каждый из использующихся источников энергии на данный момент не является бесконечным. Активно ведется поиск кандидатов на замену устаревших способов добычи электроэнергии. Переход на альтернативные источники энергии уже вопрос времени. Солнечная энергия является одной из потенциальных альтернатив. Солнечные батареи повсеместно используются в более южных широтах. Данная статья рассматривает теоретическое применение солнечных батарей в городе Кемерово.

Основной параметр производительности солнечных батарей это угол падения солнечных лучей на фотоэлемент. Этот угол изменяется как в течение дня, так и в течение года.

Основными угловыми параметрами для солнечных лучей являются:

- широта места установки  $\varphi$ ;
- часовой угол  $\beta$ ;
- угол солнечного склонения  $\varphi_{скл}$ ;
- азимут  $\delta$ ;
- угол наклона к горизонту  $\epsilon$ .

Широта места установки – это показатель, удаленности данной точки от экватора к северному или южному полюсу, для Кемерово это  $55^{\circ} 21' 51''$  северной широты.

Часовой угол – это показатель наклона падения луча в течение дня. Для достижения максимального кпд батареи этот угол должен быть равен 90 градусов. Минимальный часовой угол достигается в Кемерово в 13:15 по местному времени.

Угол солнечного склонения – это показатель зависимости угла падения солнечных лучей от времени года. Так как Земля вращается по эллипсоидной орбите и имеет наклоненную ось вращения, угол падения тоже изменяется от  $-23.45^{\circ}$  до  $23.45^{\circ}$  в дни летнего и зимнего солнцестояний и имеет значение  $0^{\circ}$  в дни весеннего и осеннего равноденствий.

Угол наклона к горизонту – это угол, под которым устанавливается солнечная батарея, также угол максимального КПД в астрономический полдень

Азимут – это характеристика отклонения солнечных лучей при ориентации батареи строго на юг. При этом азимут изменяется в течение года. Так для рассвета 22 июня значение азимута  $46^\circ$ , для заката  $314^\circ$ , тогда как для 22 декабря рассветное значение азимута  $134^\circ$ , закатное  $226^\circ$ .

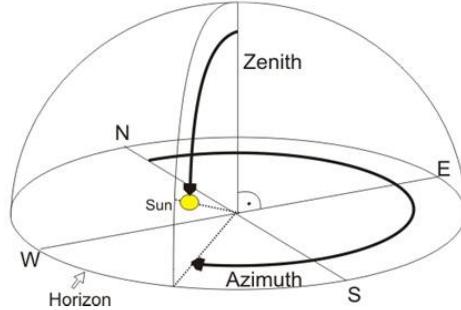


Рис. 1. Движение Солнца по азимуту в течение дня

Солнечные батареи принято ориентировать на юг под углом 30-35 градусов, так как при неподвижном креплении это дает максимальную отдачу в полдень, когда часовой угол минимальен, а азимут равен  $90^\circ$ . Но при этом часть энергии после рассвета, то есть с востока, и перед закатом, с запада, оказываются отраженными. Для Кемерово, как и для большинства крупных городов России характерны дома с минимальным уклоном крыш, то есть параллельным плоскости земли. Если при установке панелей батареи на эти крыши задействовать поворотную систему, при которой батареи могут изменять свой наклон в течение дня под часовой угол с поправкой на изменение угла солнечного склонения, то КПД панели возрастёт почти в два раза.

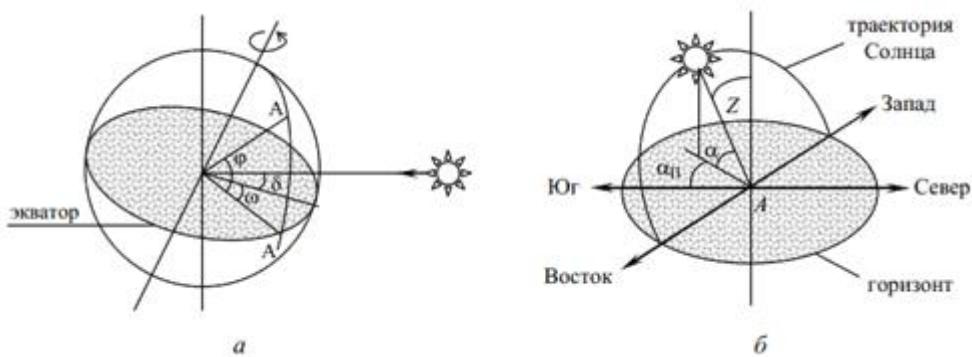


Рис. 2. Основные и дополнительные углы движения Солнца. *а* – схема кажущегося движения солнца по небосводу; *б* – углы, определяющие положение точки А на земной поверхности относительно солнечных лучей

Задав к каждому из угловых параметров свою функцию, можно вывести математическую модель системы изменения наклона батареи.

Зная значения угла солнечного склонения в пиковые дни в году можно рассчитать, на сколько градусов должна отклоняться панель в течение года.

$$\Delta\varphi = \frac{\varphi_{пик}}{91,3}$$

где  $\Delta\varphi$  – изменение угла солнечного склонения в день;  $\varphi_{пик}$ - пиковое значение угла солнечного склонения; 91 – количество дней до достижения полуpikeвой точки ( $0^\circ$ ).

Таким образом, для Кемерово данное выражение будет иметь такой вид:

$$\Delta\varphi = \frac{23.45^\circ}{91,3} = 0,94^\circ$$

Первоначальным углом наклона должна быть сумма значения широты места установки и произведения изменения угла солнечного склонения и количества дней со дня одного из пиковых значений.

$$\varepsilon = \varphi \pm (\Delta\varphi \times n)$$

где  $\varepsilon$  – угол установки панели к горизонту;  $n$  – количество дней со дня одного из пиковых значений.

Осуществить ежедневное изменение можно с помощью обычного счетчика суммирующего за один день и вычитающего при достижении пикового значения до достижения первоначального.

Так как в течение дня солнце перемещается с востока на запад, изменяется и угол падения лучей в зависимости от азимута  $\delta$ .

Из этого следует, что в начале светового дня солнечная батарея должна быть направлена на  $\delta_1$  и в конце на  $\delta_2$ , при условии, что направление юг равняется  $90^\circ$

Ежедневное изменение азимута восхода и заката рассчитывается по формулам:  $\Delta\delta_1 = \frac{\delta_{1\max} - \delta_{1\min}}{182,5}$ ;  $\Delta\delta_2 = \frac{\delta_{2\max} - \delta_{2\min}}{182,5}$ , при этом  $\Delta\delta_1 = \Delta\delta_2$ ;

$$\text{Для Кемерово: } \Delta\delta_1 = \Delta\delta_2 = 1.74^\circ$$

Также для расчета ежедневного движения необходимо знать и точный световой день, и его изменение в течение года. Длина самого короткого светового дня 6 часов 59 минут (09:43 - 16:54) (22.12.2016), самого длинного 17 часов 27 минут (04:35 - 22:02) (22.06.2016). Ежедневно длина светового дня изменяется на 3 минуты 26 секунд, в равной части к закату и рассвету, то есть время начала рассвета и заката изменяется на 1 минуту 43 секунды для каждого параметра. Из этого следует, что ежедневно время запуска и остановки системы позиционирования также должно изменяться.

Таким образом, для максимально эффективного ежедневного использования необходимо чтобы в начале каждого дня солнечная панель была повернута на азимут рассвета  $\delta_1$  перпендикулярно горизонту и солнечным лучам соответственно, затем поворачиваясь, в течение дня

изменяла свой наклон до значения  $\varepsilon$  в астрономический полдень и заканчивала перпендикулярно горизонту повернутой на азимут заката  $\delta_2$ , изменения ежедневные параметры.

Список литературы:

1. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. "Солнечная энергетика" МЭИ, 2008 год, 317 стр.
2. United solar technologies URL: <http://ust.su/solar/media/section-inner79/3032/> (Дата обращения 10.11.2016 )
3. Информационный ресурс о применении солнечной энергии и энергосбережении. [URL: http://solarsoul.net/category/solar-energy](http://solarsoul.net/category/solar-energy) (дата обращения 10.11.2016)
4. Время восхода и захода солнца в г. Кемерово [URL: http://voshod-solnca.ru/%D0%9A%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE.html](http://voshod-solnca.ru/%D0%9A%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE.html) (Дата обращения 10.11.2016)