

Северянин В.С. д.т.н., профессор, Янчилин П.Ф., ассистент,  
УО «Брестский государственный технический университет»,  
г. Брест, Республика Беларусь  
[via\\_bstu@tut.by](mailto:via_bstu@tut.by)

## О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Энергетика является основой мирового экономического прогресса и непосредственно влияет на благополучие человечества. Её основной задачей является надёжное обеспечение различными видами энергии по приемлемым ценам с минимальным ущербом для окружающей среды. Потребности человечества в энергии на протяжении более двухсот лет удовлетворяются преимущественно за счёт использования ископаемого углеводородного топлива — угля, нефти и природного газа. Эти виды топлив являются наиболее удобными и экономически эффективными. Однако угроза их полного истощения ставит под вопрос дальнейшее увеличение объёмов использования этих видов топлива [1]. Альтернативой использования ископаемого топлива является ядерная, а в перспективе — термоядерная энергетика, и, естественно, использование возобновляющихся ресурсов — энергии Солнца, ветра, воды. В масштабах человечества излучение Солнца представляет собой неисчерпаемый, экологически безопасный, достаточно равномерно распределённый и доступный для всех источник энергии.

Солнечная константа — это количество солнечного электромагнитного излучения (солнечной радиации) на единицу площади, измеренной на внешней поверхности земной атмосферы на борту самолета, перпендикулярной к лучам. Солнечная постоянная включает в себя все виды солнечного излучения, а не только видимый свет. Она измеряется с помощью спутника и составляет примерно 1,366 Вт на квадратный метр ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ), хотя это и колеблется примерно на 6,9% в течение года (с 1,412  $\text{Вт}/\text{м}^2$  в начале января до 1,321  $\text{Вт}/\text{м}^2$  в начале июля) из-за разной удаленности земли от Солнца, а также нескольких тысячных изо дня в день. Таким образом, для всей Земли (которая имеет поперечное сечение 127400000  $\text{км}^2$ ) мощность составляет 174001017 Вт, плюс-минус 3,5%. Солнечная постоянная остаётся неизменной на протяжении длительных периодов времени (1366  $\text{Вт}/\text{м}^2$  эквивалентно 1,96 калории в минуту на квадратный сантиметр) [2].

### Природный потенциал Беларуси

Солнце поставляет на планету излучение, в 7 тыс. раз превышающее нынешнее потребление энергии во всем мире. В Беларуси общий потенциал солнечной энергии оценивается в  $2,7 \times 10^6$  т у.т. в год, а технически возможный — в  $0,6 \times 10^6$  млн т у.т. ежегодно. КПД преобразований при этом равен 12 %. Только в республике каждый год излучается до 1,2 МВт·ч на 1  $\text{м}^2$  территории, что эквивалентно 60 л нефти.

Как известно, в Беларуси потребление энергоносителей составляет порядка 40 млн т у.т. в год. Из них собственными энергоресурсами мы обеспечены на 15 %. Остальные экспортируются из соседней России и стран Балтии. Разумеется, при грамотном подходе устойчивое развитие энергетики должно базироваться на собственных, желательных альтернативных вариантах получения энергии. И здесь уместно употребить сравнение функциональной энергосистемы с полноводными реками, питаемыми 2-3 серьезными притоками, и автономными, не дающими ей пересохнуть множественными маленькими ручейками-притоками. Вот эти притоки и есть альтернативная, в том числе энергетика, получаемая из возобновляющихся источников [3]. В корне неверно считать, что у нас слишком облачно и пасмурно для развития гелиоэнергетики. У ученых и практиков в результате опытно-промышленной эксплуатации фотоэлектростанций уже не осталось сомнений, что производить электроэнергию за счет солнца в странах, сравнимых по освещенности с нашей, вполне целесообразно.

Территория Беларуси расположена между 56-м и 51-м градусами северной широты, что определяет угол падения солнечных лучей, продолжительность дня и солнечного сияния, с чем связано количество поступающей солнечной радиации. В течение года угол падения солнечных лучей в полдень изменяется на  $47^\circ$ , продолжительность дня — более чем на 10 часов. Годовой приход суммарной солнечной радиации увеличивается от северных к южным районам — от 3500 до 4050  $\text{МДж}/\text{м}^2$  (84-97  $\text{ккал}/\text{см}^2$ ). В год пасмурных дней насчитывается от 175 (на северо-западе) до 135 (на юго-востоке), ясных — от 30-35 (на северо-западе) до 40-42 (на юго-востоке).

На большей части территории республики максимум безоблачных дней приходится на март—апрель, и только на юго-востоке — на июль—сентябрь. Продолжительность солнечного сияния составляет в среднем за год 1730-1950 часов, возрастая к юго-востоку. Она минимальна в осенне-зимний период (когда бывает до 20 дней в месяц без яркого солнца), а в остальные дни насчитывает в среднем по 3 часа.

В мае–июле солнце не показывается только 1-3 дня в месяц, при этом в отдельные дни продолжительность сияния достигает 16 часов. Май, июнь и июль вместе дают примерно 48 % годового прихода суммарной солнечной радиации, а ноябрь, декабрь и январь — только 5 %. Таким образом, считают ученые, в Беларуси уровень солнечной освещенности выше, чем, к примеру, в ряде земель Германии [3].

В приведенной ниже таблице вы можете увидеть среднегодовой уровень солнечного излучения на горизонтальную поверхность площадью 1 м<sup>2</sup> в день (средний показатель за последние 22 года, по данным NASA) [4].

Таблица 1 – Средний месячный уровень дневной солнечной радиации на горизонтальную площадку в городах Беларуси, кВт·ч/м<sup>2</sup>/день

Города/ Месяцы	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Средн. знач.
Брест	0,88	1,61	2,69	3,80	5,00	4,97	4,78	4,34	2,86	1,65	0,87	0,68	2,85
Гродно	0,80	1,50	2,62	3,70	4,98	4,90	4,75	4,33	2,82	1,58	0,77	0,61	2,78
Витебск	0,72	1,50	2,70	3,87	5,20	5,24	5,21	4,24	2,75	1,52	0,80	0,51	2,86
Могилев	0,86	1,69	2,85	3,82	5,01	5,05	4,99	4,23	2,84	1,66	0,85	0,65	2,88
Гомель	0,93	1,74	2,91	3,90	5,11	5,18	5,09	4,42	2,95	1,76	0,92	0,69	2,97
Минск	0,81	1,64	2,76	3,75	4,94	4,95	4,86	4,32	2,73	1,55	0,82	0,57	2,81

### Использование солнечной энергии

Существует условная классификация «солнечных технологий»:

1) Активные — вместе с преобразователями солнечной энергии задействуются и вспомогательные механизмы (электродвигатели, насосы и т.п.). Солнечная энергия используется для нагрева воды, освещения, вентиляции.

2) Пассивные — отличаются от активных отсутствием в контурах систем каких-либо механизмов, движущих частей. Особенностью построения пассивных солнечных структур для организации систем вентиляции, отопления является подбор соответствующих по физическим параметрам строительных материалов, специфическая планировка помещения, размещение окон.

3) «Прямые» или непосредственные — системы, преобразовывающие солнечную энергию в ходе одного уровня, этапа или цикла.

4) «Непрямые» — системы, процесс функционирования которых включает в себя многоуровневые преобразования и трансформации для получения требуемой формы энергии.

Исходя из вышепредставленной классификации групп технологий солнечной энергетики, можно выделить наиболее подходящие для применения в сферах деятельности человека:

- использование солнечной энергии для производства электроэнергии с помощью фотоэлектрических установок;
- использование солнечной энергии для целей горячего водоснабжения и отопления с помощью солнечных нагревательных установок;
- использование солнечной энергии для целей естественного освещения с помощью светоприёмников и световодов (применение пассивной технологии).

На сегодняшний день существует множество различных конструкций для улавливания энергии Солнца. Солнечные нагревательные установки по принципу улавливания солнечной энергии делятся на два типа:

- гелиоколлекторы — представляют собой лёгкие, компактные конструкции, собираемые по модульному принципу. Основой является плёночно-трубчатый адсорбирующий коллектор. В зависимости от конкретных условий можно получить установку любой производительности;
- гелиоконцентраторы — представляют собой установки, фокусирующие параллельные солнечные лучи с помощью линзы в одной точке для выработки электричества или тепла. По причине дороговизны и сложности изготовления огромных линз, используют массивы вогнутых зеркал (классические зеркальные панели или листы полированного алюминия).

Эти устройства являются дорогостоящими и сложными сооружениями, что препятствует их широкому использованию. Таким образом, требуется провести исследования, направленные на увеличение эффективности улавливания солнечной энергии за счет совершенствования, как физических особенностей оптических систем, так и конструктивных разработок, позволяющих уменьшить стоимость оборудования, улучшить эксплуатационные свойства, увеличить надежность гелиооборудования [5].

Зная среднегодовой уровень солнечного излучения на  $1\text{ м}^2$  в день и полезную площадь солнечной нагревательной установки, можно вычислить примерную полученную мощность. Например, для Бреста, гелиоустановка «Луч» [6,7] с диаметром концентратора 2,5 м (соответственно площадью  $4,9\text{ м}^2$ ) будет вырабатывать в среднем в день:

- при круглогодичной работе —  $4,9\text{ м}^2 \cdot 2,85\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{день}/\text{м}^2 = 13,97\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  в день;
- при сезонной работе (с марта по сентябрь) —  $4,9\text{ м}^2 \cdot 4,06\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{день}/\text{м}^2 = 19,89\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  в день.

Теперь, зная среднюю получаемую мощность  $Q = 16,93\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  за один день, можно определить, какое количество воды  $M$  мы нагреем от  $20^\circ\text{C}$  до  $60^\circ\text{C}$  (разница составит  $\delta T = 40^\circ\text{C}$ , теплоёмкость воды  $c$  равна  $4,19\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{с})$ ):

$$M = \frac{Q}{c \cdot \delta T} = \frac{16,93\text{ кВт}\cdot\text{ч}}{4,19\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 40^\circ\text{C}} = \frac{16,93 \cdot 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot 3600\text{ с}}{4,19 \cdot 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 40^\circ\text{C}} = \frac{60948\text{ Дж}}{167,6\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 363,65\text{ кг}$$

Понятно, что это значение среднее, летом нагреем больше, а зимой — меньше. Ещё нужно учесть, что в расчётах был принят средний месячный уровень солнечной радиации на горизонтальную площадку. Т.к. гелиоустановка «Луч» имеет систему ориентации на Солнце, т.е. концентратор всегда нормально расположен к световому потоку, то приход радиации увеличивается. Согласно результатам расчетов, по [8] получено, что при ориентации по азимуту, т.е. когда поверхности оптимально ориентированы по двум углам (углу наклона к горизонту и азимутальному углу), среднедневной приход прямой солнечной радиации на тепловоспринимающую поверхность увеличивается на 28-30% по сравнению с приходом на горизонтальную поверхность, и на 18-20% — по сравнению с тепловоспринимающей поверхностью южной ориентации. Поэтому концентраторы с системой слежения эффективнее, чем неподвижно установленные коллектора.

Применение устройств, использующих энергию Солнца, например, только в сельском хозяйстве республики позволит более чем на 30% удовлетворить потребности в тепловой энергии [8].

Таким образом, в Беларуси уровень солнечной освещенности достаточен для развития и применения в народном хозяйстве устройств, улавливающих солнечную энергию и преобразующих её в другие виды энергии.

При проектировании гелиосистем необходимо знать количество солнечной энергии, поступающей на наклонную поверхность, т.к. среднедневной приход прямой солнечной радиации на такую тепловоспринимающую поверхность увеличивается на 28-30% по сравнению с приходом на горизонтальную поверхность.

### Литература

1. Северянин, В.С. Возможности использования солнечной энергии в Республике Беларусь / В.С. Северянин, А.Л. Тимошук // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2007. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 37–41.
2. <http://atmosferabel.by/>
3. В выгодном свете. Гелиоэнергетика в Беларуси: от частного к общему // Энергосбережение в строительстве и ЖКХ. – Минск, 2009. – №12..
4. <http://www.eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/>
5. Северянин, В.С. Особенности расчёта оптической системы гелиоустановки «Луч» / В.С. Северянин, П.Ф. Янчили. // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 74–77.
6. Гелиоустановка: пат. 3998 Респ. Беларусь, МПК F 24J 2/00 / В.С. Северянин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т – № 20070327 заявл. 02.05.2007, опубл. 01.08.2007.
7. Гелиоконцентратор: пат. 4296 Респ. Беларусь, МПК F 24J 2/00 / В.С. Северянин; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т – № 20070576 заявл. 03.08.2007, опубл. 17.12.2007.
8. Кузьмич, В.В. Расчёт гелиоводонагревательных систем и их применение в сельском хозяйстве. – Минск: БелНИИСХМ, Препринт, 1997. – 87 с.