

УДК 620.97

Перспективы развития солнечной энергетики в Республике Беларусь

Немкович А.С.

Научный руководитель Олешкевич М.М., к.т.н., доцент

Цель этой работы – получить приближенные значения некоторых технико-экономических показателей солнечной энергоустановки в климатических условиях РБ, и на основании полученных значений дать оценку экономической целесообразности использования такой установки в РБ.

Итак, солнечная электрическая станция (СЭС) – это установка для превращения солнечной энергии в электроэнергию [3]. По конструкции СЭС делятся на установки башенного и модульного типов. В СЭС башенного типа вся солнечная радиация, попадающая на отражающие элементы, концентрируется на одном тепловом приемнике. Модульные же системы komponуются из множества элементов, причем каждый содержит в себе и отражатель, и тепловой приемник. Все модули соединены между собой.

В ходе работы будут рассматриваться 3 типа СЭС:

- башенная СЭС термодинамического цикла;
- модульная СЭС термодинамического цикла;
- фотоэлектрическая СЭС;

Последний тип СЭС отличается от предыдущих тем, что выработка электроэнергии осуществляется по средствам прямого превращения, т.е. в процессе отсутствует рабочее тело, состояние которого периодически меняется при контакте с источниками имеющими различные температуры.

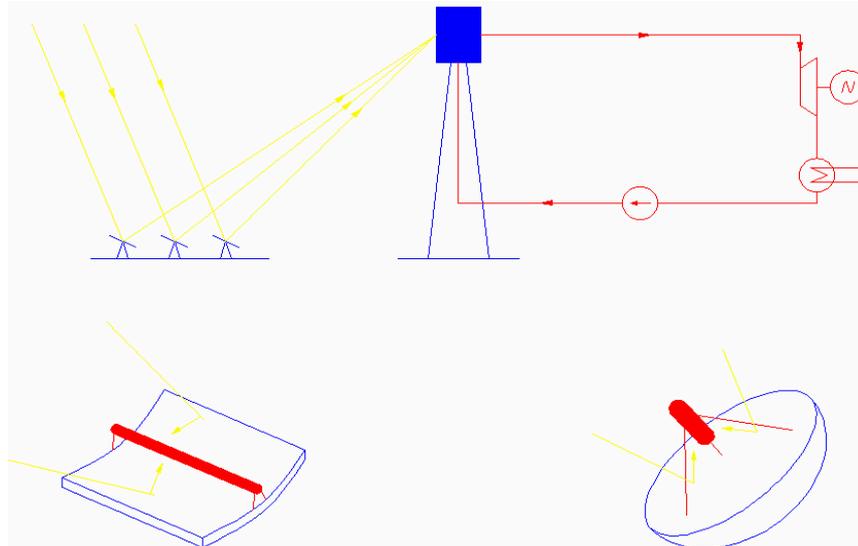


Рис.1 Схема башенной СЭС и некоторые возможные конфигурации концентраторов модульных СЭС.

Первым рассматриваемым показателем будет *срок окупаемости капитальных затрат*. При его расчете учтем стоимость потерь электроэнергии, ежегодные амортизационные отчисления и расходы на технический ремонт и обслуживание объекта. В общем виде выражение можно записать:

$$\tau = \frac{K + I}{C_w \cdot W}, \quad (1)$$

где K - капитальные затраты на объект;

I - ежегодные издержки;

C_w - стоимость 1 кВт·ч электроэнергии;

W - электроэнергия, выработанная установкой:

$$W = S_0 \cdot \eta_{np} \cdot \sum_{i=1}^{12} H_i \cdot k_{Ti}, \quad (2)$$

где S_0 - рабочая поверхность приемника;

η_{np} - КПД преобразования солнечной энергии в электроэнергию;

k_{Ti} - среднее значение индекса ясности для i -го месяца;

H_i - среднее значение месячной облученности за i -й месяц – полная энергия солнечного излучения, которая приходится на единицу поверхности за месяц [2]:

$$H_i = \frac{2 \cdot N_i}{\pi} \cdot G_{\max_i} \cdot k_i, \quad (3)$$

где k_i - количество суток в i -м месяце;

N_i - средняя продолжительность светового дня i -го месяца:

$$N_i = 0,133 \cdot \arccos(-\operatorname{tg}(\varphi) \cdot \operatorname{tg}(\delta_i)),$$

(4)

δ_i - угол склонения Солнца в i -й расчетный период;

φ - географическая широта рассматриваемой местности;

G_{\max_i} - максимальное значение плотности потока солнечного излучения i -го месяца.

Плотность потока солнечного излучения в различные времена года в практически ясные дни приблизительно можно аппроксимировать функцией вида (рис.2) [1]:

$$G_i = G_{\max_i} \cdot \sin\left(\pi \cdot \frac{t}{N_i}\right), \quad (5)$$

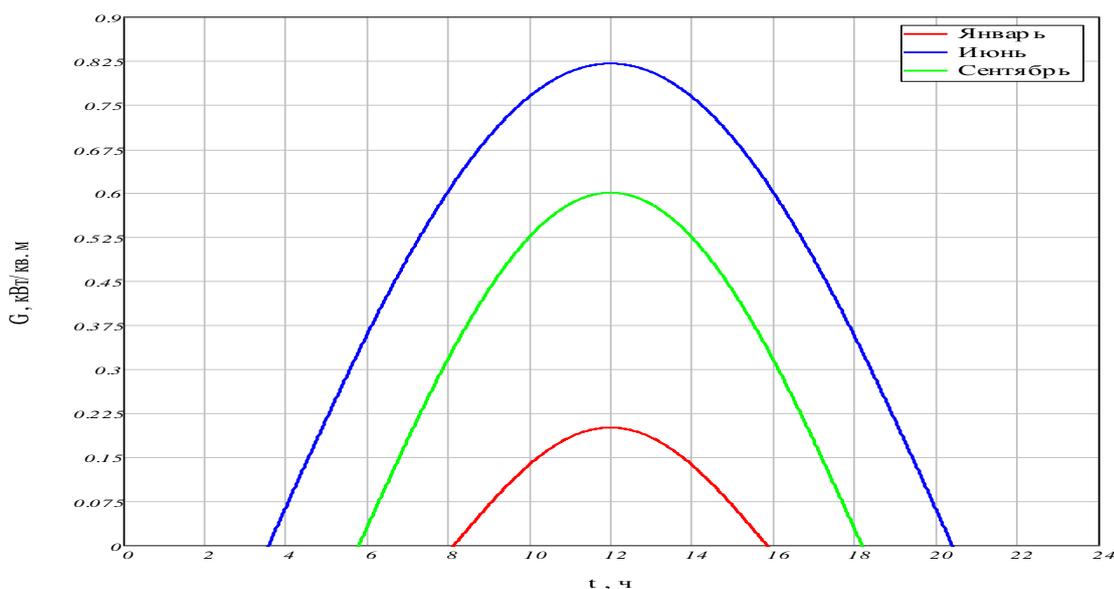


Рис.2 Облученность горизонтальной поверхности (ясный день)
Преобразовав выражение (1), получим:

$$\tau = \frac{C_K \cdot P_H + (p_a + p_{про}) \cdot C_K \cdot P_H + \Delta W \cdot \beta}{C_W \cdot W}, \quad (6)$$

где C_K - удельные капитальные затраты на 1 кВт установленной мощности;

$p_a, p_{про}$ - коэффициенты учитывающие ежегодные амортизационные отчисления и отчисления на технический ремонт и обслуживание объекта;

$\Delta W \cdot \beta$ - стоимость 1 кВт·ч потерь электроэнергии;

P_H - номинальная мощность установки:

$$P_H = G_{\max} \cdot K_{T\max} \cdot S_0 \cdot \eta_{пр}, \quad (7)$$

В результате расчета согласно (1) - (7) были получены следующие результаты:

А) для башенной СЭС: $\tau_1 = 17,8 \text{ лет}$;

Б) для модульной СЭС: $\tau_2 = 20,8 \text{ лет}$;

В) для фотоэлектрической СЭС: $\tau_3 = 29,7 \text{ лет}$;

Нормативный срок окупаемости определяется, как:

$$\tau_{\text{норм}} = \frac{1}{p_n} = \frac{1}{0,12} \approx 8,3 \text{ года}, \quad (8)$$

где p_n - коэффициент выгодности затрат, можно принять равным 0,12 [4];

Также в результате расчета были построены кривые – зависимости срока окупаемости от различных параметров. Зависимость срока окупаемости установки, к примеру, от стоимости 1 кВт·ч электроэнергии выглядит следующим образом:

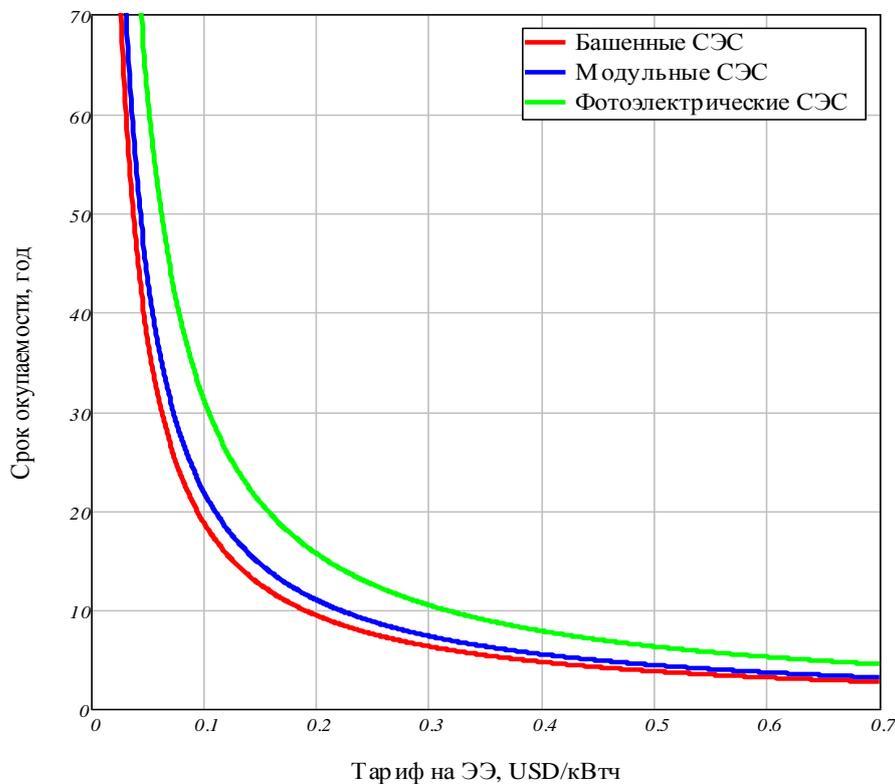


Рис.3 Зависимость срока окупаемости установки от тарифа на электроэнергию

Рассмотрим следующий показатель - *себестоимость* полученной электроэнергии. В общем виде себестоимость выражается, как:

$$C_e = \frac{I}{W}, \quad (9)$$

Преобразуя (9), получим выражение:

$$C_e = \frac{(p_a + p_{mro}) \cdot C_k \cdot P_H + \Delta W \cdot \beta}{W}, \quad (10)$$

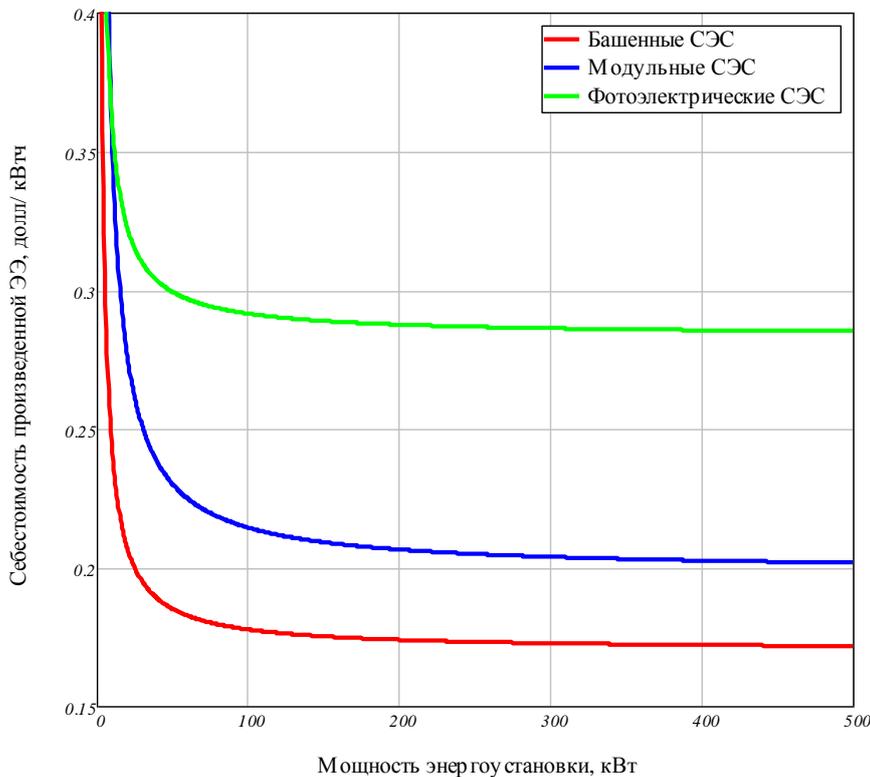
Используя (2)-(5), (7), (10), были получены следующие результаты:

А) для башенной СЭС: $C_{e1} = 0,18 \frac{USD}{кВт \cdot ч}$;

Б) для модульной СЭС: $C_{e2} = 0,21 \frac{USD}{кВт \cdot ч}$;

В) для фотоэлектрической СЭС: $C_{e3} = 0,29 \frac{USD}{кВт \cdot ч}$;

Зависимость срока себестоимости вырабатываемой электроэнергии от мощности установки выглядит следующим образом:



Вывод: исходя из полученных результатов расчета, можно судить о том, что при современных ценах на электроэнергию и энергоресурсы использование СЭС в белорусской энергосистеме экономически не обосновано, но в виду стремительного роста цен и снижения величины затрат на единицу установленной мощности СЭС, такое использование может стать эффективным уже в обозримом будущем.

Литература

1. Олешкевич М.М. Нетрадиционные источники энергии: Учеб.-метод. пособие для студ. / М.М. Олешкевич, Ю.А. Лосюк. – Мн.: БГПА, 2001. – 128 с.

2. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.: ил.
3. Лосюк Ю.А. Нетрадиционные источники энергии: учебно пособие / Ю.А. Лосюк, В.В. Кузьмич. – Мн.: УП «Технопринт», 2005. – 234 с.
4. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Р.Р. Авезов, М.А. Барский-Зорин, И.М. Васильева и др.; Под ред. Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.: ил.