

Таблица 1. Результаты расчета

Параметры, единицы величин	Источник, номер формулы	$t_2$			
		-22°C	-10°C	0°C	5°C
$t_3, ^\circ\text{C}$	(1)	-6	1,2	7,2	10,2
$q_T, \text{кДж/кг}$	(2)	16,2	11,3	7,3	5,25
$q_K, \text{кДж/кг}$	(3)	24,3	17	10,9	7,9
$h_n, \text{кДж/кг}$	(4)	25,3	30,2	34,2	36,3
$\mu,$	Принято	5	6	7,5	8
$q_{II}, \text{кДж/кг}$	(5)	19,4	14,2	9,45	6,9
$h_s, \text{кДж/кг}$	(8)	5,9	16	24,75	29,4
$t_5, ^\circ\text{C}$	(3)	-2	3,8	8,3	10
$\Delta t_{TH}, ^\circ\text{C}$	(7)	34	28,2	23,7	22
$\mu,$	(6)	4,95	6,1	7,4	8
$\eta_3=0,38$					
$k_T$	(9)	0,47	0,38	0,32	0,3
$b$	(10)	0,53	0,62	0,68	0,7
$b_0, \%$	(11)	72	77	81	82
$\eta_5=0,51$					
$k_T$	(9)	0,35	0,29	0,24	0,22
$b$	(10)	0,65	0,71	0,76	0,78
$b_0, \%$	(11)	79	82	85	87

Решение вопроса о целесообразности применения подобной теплоутилизационной установки зависит от стоимости топлива, тарифов на тепловую и электрическую энергию и от капитальных затрат на ее сооружение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Отопительно-вентиляционная система производственного помещения: пат. 13017 Респ. Беларусь, МПК (2009) F 24D 3/00 /А.Л.Синяков, И.А.Цубанова, И.А.Цубанов; заявитель Белорусский государственный аграрный технический университет. – №.а20071657, заявл.29.12.2007; опубл. 30.04.2010//Официальный бюлл. / Нац. центр интелект. собственности. – №2, 2010. – с.123. ..
2. Цубанов, А.Г. К расчету энергоэффективности применения теплонасосных установок в системах теплоснабжения / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №1, 2011. –С.22-26.
3. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки/ В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов – М.: Колос, 1982. – 239с.

УДК 621.382;621.315

### СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Русан В.И., д.т.н., профессор, Казакевич Д.М., аспирант  
Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

Рост энергопотребления является одной из наиболее характерных особенностей деятельности современного человечества. До сегодняшнего дня в мире более 90% всей потребляемой человеком энергии, приходится на долю органического топлива. Однако этот ресурс рано или поздно закончится. Это говорит о необходимости принятия определенных мер для существенных структурных изменений в ресурсной основе всего мирового энергетического сектора. В связи с этим становится актуальным использование возобновляемых источников энергии.

Энергия возобновляемых источников поистине огромна и превышает объем годовой добычи всех видов углеводородного сырья. Важно отметить то, что их использование возможно практически во всех регионах мира, в том числе и в Беларуси. Положительной сторо-

ной ВИЭ является то, что их использование не изменяет энергетический баланс планеты, что и послужило причиной бурного развития нетрадиционной энергетики за рубежом и весьма оптимистических прогнозов их развития в ближайшем десятилетии. ВИЭ играют значительную роль в решении трех глобальных проблем, стоящих перед человечеством: энергетика, экология и продовольствие [4].

Самым мощным, экологически чистым, естественным и общедоступным источником энергии на нашей планете является Солнце. Развитие науки и промышленности позволяет сегодня говорить о реальной возможности обеспечения человечества электричеством с помощью преобразования энергии Солнца.

Республика Беларусь собственными природными запасами обеспечивает около 15–18 % своих потребностей в топливно-энергетических ресурсах. Недостающее количество топлива и энергии поставляется из России и других стран, на что расходуется ежегодно 1.7–2.0 млрд. долларов США. В связи с этим для Республики Беларусь чрезвычайно актуален вопрос поиска собственных экологически чистых источников энергии [1].

На территорию Беларуси за год поступает солнечная энергия суммарной величины около 3·10<sup>14</sup> кВт·часов, что эквивалентно 40 млрд. т. у. т. и более чем на три порядка величины превышает нынешнее общее потребление энергоносителей в государстве.

Проведенный предварительный анализ возможности использования НВИЭ показал, что Республика Беларусь располагает существенной сырьевой базой, составляющей по оценкам ряда специалистов 12–20 млн. т. у. т. в год. Для сравнения: в 1994 году было израсходовано 37,2 млн. т. у. т. при собственном производстве 5,8 млн. т. у. т. Таким образом, общий потенциал ВИЭ – примерно 30 % потребности страны. При этом доля солнечной энергии в структуре запасов ВИЭ – 37,2 %.

Главный фактор, обуславливающий развитие фотовольтаики в Беларуси, – наличие достаточной инсоляции (количества световой энергии, падающей на единицу поверхности). Республика Беларусь, по количеству световой энергии, падающей на единицу поверхности (инсоляции), отстаёт от стран близких к экватору. Однако находится примерно на одном уровне с такими странами, как Германия, Япония, Канада, в которых солнечная энергетика развивается очень активно. В таблице 1 [1] показаны среднемесячные мощности падающего излучения на территории Беларуси и Германии.

Анализ показывает, что потенциальная эффективность использования солнечных батарей на территории Республики Беларусь только за счет благоприятных условий инсоляции

- более чем на 10% выше, чем в Польше, Нидерландах,
- более чем на 17% выше, чем в Германии, Бельгии, Дании, Ирландии, Великобритании,
- еще выше относительно стран расположенных севернее и северо-западнее РБ.

Таблица 1. Среднемесячная мощность падающего излучения на территории Беларуси и Германии (кВт·час/м<sup>2</sup> в день).

Город	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	среднее	широта	долгота
Брест	0.88	1.57	2.59	3.68	4.90	4.80	4.80	4.38	2.78	1.64	0.91	0.69	2.6017	52.12	23.68
Верхнедвинск	0.68	1.35	2.49	3.84	5.08	5.15	5.11	4.33	2.74	1.50	0.78	0.51	2.7967	55.82	27.95
Витебск	0.68	1.36	2.49	3.83	5.07	5.14	5.12	4.23	2.68	1.48	0.77	0.50	2.7792	55.17	30.13
Гомель	0.93	1.65	2.75	3.80	4.97	5.08	5.03	4.40	2.87	1.70	0.91	0.69	2.8983	52.45	31.00
Гродно	0.81	1.47	2.49	3.61	4.78	4.70	4.71	4.29	2.71	1.54	0.82	0.61	2.7117	53.88	28.83
Минск	0.58	0.94	2.58	3.14	4.98	5.20	5.08	3.93	2.41	1.34	0.52	0.33	2.5867	53.93	27.63
Могилёв	0.85	1.59	2.68	3.75	4.84	4.96	4.93	4.27	2.76	1.60	0.84	0.63	2.8083	53.80	30.32
Петриков	0.90	1.63	2.66	3.73	4.86	4.86	4.86	4.32	2.76	1.65	0.92	0.69	2.8200	52.13	28.49

Город	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	среднее	широта	долгота
Берлин	0.69	1.33	2.38	3.75	4.80	4.88	4.24	2.82	1.68	0.79	0.53	2.7175	52.57	13.32	
Гамбург	0.52	1.13	2.23	3.55	4.60	5.44	4.82	4.34	2.79	1.49	0.57	0.40	2.6725	53.63	10.00
Ганновер	0.52	1.28	2.23	3.74	4.47	4.61	4.32	3.92	2.75	2.01	0.74	0.45	2.5967	52.47	9.70
Дортмунд	0.68	1.39	2.41	3.86	4.67	4.81	4.77	4.19	2.80	1.65	0.55	0.54	2.7017	51.51	7.48
Дрезден	0.72	1.21	2.38	3.44	4.42	5.02	5.05	4.37	3.08	1.72	0.83	0.50	2.7283	51.12	13.68
Мюнхен	1.03	1.85	2.86	4.05	4.99	5.19	5.26	4.69	3.26	1.91	1.09	0.81	3.0833	48.13	11.55
Нюрнберг	0.78	1.61	2.39	3.81	4.89	4.86	5.11	4.47	3.19	1.86	0.94	0.61	2.8767	49.50	11.08
Франкфурт	0.81	1.56	2.48	3.75	4.66	4.91	4.89	4.33	2.88	1.63	0.85	0.62	2.7808	50.05	8.60

При оптимальном дизайне солнечных батарей каждый элемент при стандартных условиях излучения (плотность излучения 1000 Вт/м<sup>2</sup>, солнечный спектр АМ 1.5G, температура 25°C) будет ежегодно вырабатывать примерно 800 Вт·час в Минске, 850 Вт·час во Франкфурте, 1650 Вт·час в Марселе, а в среднем по всему миру 850 Вт·час [5].

Принятый 6 мая 2010 года проект Закона Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» был разработан в целях создания правовой основы для реализации государственной политики в сфере производства и использования возобновляемых источников энергии и направлен на [2]:

- повышение уровня энергетической безопасности;
- снижение антропогенного воздействия на окружающую среду и климат;
- сохранение невозобновляемых источников энергии для будущих поколений;
- создание, совершенствование и использование эффективных технологий и установок по использованию возобновляемых источников энергии.

Для условий Республики Беларусь рассматриваются два способа использования солнечной энергии:

- преобразование солнечной энергии в тепловую энергию;
- преобразование солнечной энергии непосредственно в электрическую при помощи PV-систем.

В настоящее время в Республике Беларусь отсутствует развитая отрасль производства солнечных элементов и установок на их основе. Однако уже существуют некоторые предприятия, которые наладили производство солнечных элементов и систем. ООО «Электрет» более 8 лет разрабатывает и внедряет солнечные водогрейные системы, предназначенные для работы в системах горячего водоснабжения жилых домов, объектов соцкультбыта и промышленных объектов. В 2009 году в Бресте было создано первое промышленное предприятие ООО Солар-Груп по выпуску высокотехнологичных полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). Объем производства на данный момент достигает 1,3 млн. пластин ФЭП в год. Постоянно идет работа над улучшением качества производимой продукции.

Во исполнение целевой государственной программы, согласно которой к 2012 году доля местных видов топлива и альтернативных источников энергии в энергобалансе должна быть доведена до 25%, руководством предприятия МО ОАО «Луч» было утверждено открытие нового направления деятельности – проект «ЭкоЭнерджи» [3]. Целью данного проекта является освоение, установка, а также оптовая и розничная продажа оборудования, преобразующего энергию солнца и ветра в тепловую и электрическую энергию.

В планах на ближайшую перспективу стоит открытие собственного производства энергосберегающего оборудования в Республике Беларусь на базе и площадях МО ОАО «Луч».

Белорусские специалисты небезосновательно утверждают, что потенциал развития фотовольтаики в Беларуси есть. Межотраслевой рабочей группой разработан проект концепции государственной программы по созданию и развитию сектора солнечной фотоэлектрической энергетики Республики Беларусь. Полагается, что развитие сектора солнечной энергетики в республике следует начать с создания высокоэффективного массового производства «под ключ» для изготовления как самих солнечных элементов (с КПД около 15%), так и конечного изделия – модулей на базе какого либо предприятия радиоэлектронного профиля (НПО «Интеграл», завод «Измеритель» и т.п.).

Перспективно развитие тонкопленочной фотофольтаики, что означает отказ от дорогостоящих кремниевых пластин, на которых размещаются солнечные элементы, и переход к тонкопленочным преобразователям. Последние должны иметь более широкий спектр поглощения солнечного света, включая все области инфракрасного излучения и ультрафиолетового. Еще одним вариантом является разработка tandemных или более сложных систем (например, солнечная батарея плюс солнечный коллектор плюс дизель). Эти и другие «задумки», многие из которых близки к реализации, позволят снизить материалоемкость и цену солнечных элементов до приемлемой и сделают фотовольтаику более конкурентной [5].

Научное и научно-техническое обеспечение и сопровождение программы должно быть направлено на достижение следующих целей. Во-первых, на повышение эффективности используемых фотоэлектрических систем и снижение себестоимости производимой ими электроэнергии. Во-вторых, на поиск новых, более эффективных и дешевых материалов и методов изготовления СЭ, создание новых конструкций СЭ. В-третьих, на создание специализированного технологического и контрольно-измерительного оборудования по повышению производительности изготовления СЭ. И наконец, на проведение испытаний, измерений, аттестации и сертификации производимых СЭ.

Таким образом, в Республике Беларусь есть необходимые условия для развития солнечной энергетики. У нас имеются крупные научно-исследовательские центры в области микро-нано- и оптоэлектроники, соответствующее аналитическое и производственное оборудование, ряд существенных научных результатов в областях материаловедения, химии, технологии кремния, соединений АЗВ5, А2В6, формирования просветляющих, люминесцентных, защитных покрытий и т.п., которые могут быть использованы при разработке солнечных элементов [6]. Сравнительно большая материально-техническая база не загружена и пригодна для обеспечения крупносерийного производства солнечных элементов и гелиостанций. Следует отметить также наличие высококвалифицированных кадров и опыт международного научного сотрудничества в конкретных областях разработок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.Ф. Гременок, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. Минск, «Издательский центр БГУ» 2007 г.
2. Научно-практический журнал «Энергетическая стратегия» №3(15) 2010, стр. 32-35.
3. <http://ecoenenergy.by>
4. Научный, производственно-технический и информационно-аналитический журнал «Электрика» №6, 2010, стр. 3-13.
5. Интернет-портал «ЭНЕРГОБЕЛАРУСЬ» (<http://energobelarus.by>) Статья «С чего начинается фотовольтаика в Беларуси».
6. Научно-практический журнал «Энергетическая стратегия» №6(18) 2010, стр. 30-33.