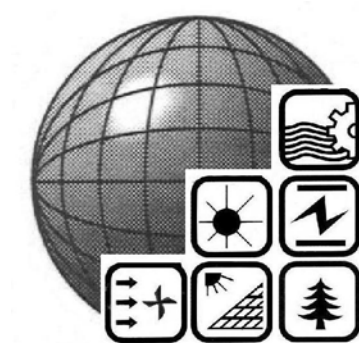


**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА, ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РАН  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

---

# **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**



**МАТЕРИАЛЫ ПЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ  
МОЛОДЕЖНОЙ ШКОЛЫ**  
(25-26 октября 2006 года, Москва)

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА, ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РАН  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

---

# **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

**МАТЕРИАЛЫ ПЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ  
МОЛОДЕЖНОЙ ШКОЛЫ**

**(25-26 октября 2006 года, Москва)**



*Организуется при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 06-08-05043-г)  
ЗАО НПК «Сибгелиозкоэнерго»*

**МОСКВА 2006**

УДК 620  
ББК 31.15  
В 64

**Возобновляемые источники энергии:** Материалы научной молодежной школы /  
**В 64** Под общей редакцией А.А.Соловьева. – М.: Геогр. ф-т МГУ, 2006. –158 с.  
ISBN 5-89575-116-4

Сборник содержит доклады научных сотрудников, аспирантов и студентов – участников Пятой научной молодежной школы «Возобновляемые источники энергии». Представленные научные материалы охватывают широкий круг вопросов по общим, научно-техническим проблемам, а также эколого-географическим и экономическим аспектам развития возобновляемой энергетики; инновационным технологиям; законодательным и нормативно-правовым актам; образовательным программам.

Рассчитан на специалистов, работающих в области возобновляемой энергетики, студентов, аспирантов, изучающих рациональное природопользование, экологию, энергетику.

#### **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

**Соловьев А.А.** (МГУ)  
**Стребков Д.С.** (ВИЭСХ)  
**Безруких П.П.** (Институт энергетической стратегии)  
**Попель О.С.** (ИВТ РАН)  
**Тюхов И.И.** (ВИЭСХ)  
**Березкин М.Ю.** (МГУ)  
**Зайцев С.И.** (МГУ)  
**Киселева С.В.** (МГУ)  
**Нефедова Л.В.** (МГУ)  
**Чернова Н.И.** (МГУ)

Ответственные за выпуск: А.А.Соловьев, М.Ю.Березкин

Организационно-редакционная группа:  
С.И.Зайцев, С.В.Киселева, Л.В.Нефедова, Н.И.Чернова.

ISBN 5-89575-116-4

© Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, 2006  
© Лаборатория возобновляемых источников энергии, 2006

# РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ НОВОГО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СОЛНЕЧНОГО МОДУЛЯ

А.В. Анистратов

*Московский Энергетический Институт (Технический Университет)*

В настоящее время во всем мире резко возрос интерес как к теоретическим, так и к прикладным разработкам в области преобразования солнечного излучения. Успехи фотоэлектрического метода преобразования открывают возможность широко использовать на Земле полупроводниковые солнечные батареи, которые в течение вот уже 40 лет служат надежным источником электроэнергии на борту космических аппаратов. На сегодняшний день широкомасштабному распространению солнечных электростанций на Земле препятствует высокая себестоимость фотоэлектрических преобразователей (ФЭП).

Существуют многочисленные пути снижения их себестоимости, но самым эффективным и надежным является использование дешевых концентраторов солнечного излучения, так как в этом случае большая поверхность полупроводниковых ФЭП заменяется линзами и зеркалами. Использование концентрического света приводит к увеличению выходной мощности установки приблизительно прямо пропорционально степени концентрации и к некоторому увеличению КПД преобразования.

Цель данной работы - разработка новой конструкции фотоэлектрического модуля (ФЭМ) с использованием концентрического света и оптоволоконных световодов. В настоящей работе представлен спроектированный и изготовленный фотовольтаический модуль комбинированного типа с новыми как конструктивными, так и физическими решениями (рис. 1).

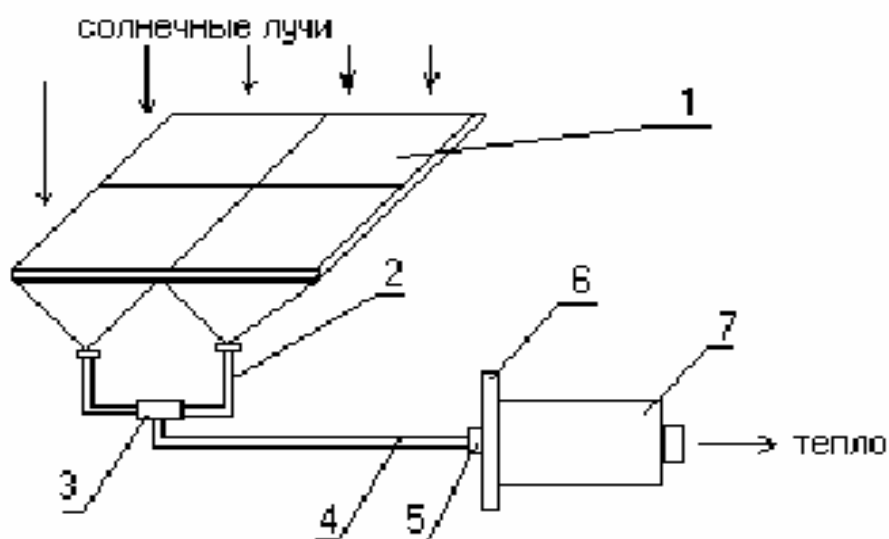


Рис. 1. Структурная схема модуля.

В конструкции модуля был использован кремниевый ФЭП (5) Ø 5 см с КПД 12%, ФЭП при помощи клея прикреплен к основанию 6.

Солнечный модуль содержит: концентраторы солнечного излучения – 1, состоящие из системы линз Френеля, оптоволоконные световоды – 2, входы которых расположены за концентраторами на фокусном расстоянии, ответвитель – 3, фотоэлемент – 5, расположенный на основании – 6. Выходы световодов 2 соединены с входами ответвителя 3 и далее с фотоэлементом 5. К основанию 6 примыкает теплоотводящая камера – 7.

Солнечный модуль работает следующим образом. Солнечное излучение при прохождении через концентраторы 1, концентрируется и направляется на вход световодов 2, затем с помощью направленного волоконного ответвителя 3 концентрируется на фотоэлемент 5, установленный на основании 6, в котором происходит преобразование энергии солнечного излучения в электрическую. Благодаря наличию примыкающей к основанию теплоотводящей камеры 7 предотвращается снижение КПД фотоэлемента 5 вследствие его нагрева. Наличие световодов 2 снижает потери энергии концентрированного излучения при прохождении ее от концентраторов до фотоэлементов, исключая ее рассеивание. Имеющийся ответвитель 3 помогает достичь максимальной концентрации солнечного излучения на фотоэлементе 5 и тем самым повышает КПД устройства.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

М.Ю. Березкин, М.В. Калинина

*Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*

Энергетика одна из важнейших движущих сил социально-экономического развития. В настоящее время в ней происходят существенные изменения. Это касается не только вопроса истощения энергоресурсов. Освоение новых нефтегазовых месторождений стоит все дороже и дороже. Стоимость инвестиционных проектов на добычу и транспортировку нефти и природного газа в среднем увеличивается в 3-4 раза за десятилетие в расчете на единицу продукции. Кроме того, энергетика характеризуется сложностью и многоступенчатостью, как в производстве энергии, так и в добычи топлива. Эксплуатация месторождений и трубопроводов сопряжена повышенным риском аварий, несущих угрозу безопасности и людей и ущерб экологии. Так в нашей стране из расчета доли в производстве и потребления электроэнергии эффективность единой энергосистемы в 3,5 раз ниже, чем в местном производстве.

Традиционная, углеводородная энергетика за многие десятилетия развития практически достигла предельного КПД. Технология производства электроэнергии отработана и трудна для совершенствования. К этому добавляется все большая и большая зависимость многих стран от импорта энергоносителей. Например, в Евросоюзе к 2020 г. ожидается, что зависимость от внешних источников вырастет с 50 до 70%. А расширение Европейского союза еще больше повышает уровень зависимости от импорта энергоресурсов,

например, из России. В настоящее время 25 стран-членов Евросоюза, импортируют из России примерно 50% всего газа, тогда как до расширения - 41%. А планы по свертыванию ядерной энергетики в некоторых государствах - членах Евросоюза, таких как Швеция и Германия, предусматривает частичную замену атомных энергостанций природным газом.

В развитых странах, где доля индустриального сектора в последние десятилетия заметно снизилась, энергопотребление уменьшилось, либо его рост существенно замедлился. К примеру, в странах Западной Европы прирост энергопотребления составляет 0,6%, а в Северной Америки - 0,7% в год. В связи с этим планирование строительства новых крупных электростанций связано с большой неопределенностью, а следовательно, с риском.

Зависимость от внешних источников, а также рост цен на нефть привело к тому, что возобновляемая энергетика все больше и больше имеет перспективы в будущем. Возобновляемая энергетика становится конкурентноспособной на энергетическом рынке.

В наибольшей степени это касается все того же Евросоюза. Например, в Дании 25% электричества производится из ветра. В Германии, довольно большой стране, ветроэлектричество в настоящее время составляет 10%, а к 2020 году - 20%. Многие эксперты утверждают, что при сохранении цен на нефть на уровне 60 долларов, эти значения могут быть и превышены. То есть соизмеримость цен дает импульс развитию новых технологий. К тому же возобновляемую энергетику отличает высокая наукоемкость, разнообразие применяемых материалов и технологических схем. Технологии возобновляемой энергетики за последнее десятилетие пришли к снижению себестоимости производимой энергии. Например, себестоимость солнечных элементов с 1980 г. снизилась более чем на 90%, а ветровых турбин - на 65%.

Швеция обозначила, что она будет первой страной Европейского союза, которая сможет обойтись без нефти. Норвегия, компания «Шелл» и Нидерланды объявили постройку первой коммерческой термотопливной станции к 2011 г.

К преимуществам возобновляемой энергетики следует отнести:

- более справедливый доступ к энергии, так как изобилие солнца, ветра и избыточной биомассы более распространено и доступно, чем запасы нефти, угля или урана;
- проще в управлении, легче включать и выключать в отличие от многоступенчатых стадий этих операций в топливной и атомной энергетике, что сказывается на их энергоэффективности;
- не требуют дополнительных систем безопасности как, например, на АЭС;

Модульный характер установок возобновляемой энергетики позволяет вводить в строй сравнительно малые мощности, наращивая их по мере необходимости. Гораздо дешевле установить панель фотоэлементов, чем строить линию электропередач или газопроводы, чтобы подсоединить отдаленный район к центральной энергосистеме с помощью линий высокого напряжения.

Создание автономных энергоустановок малой мощности на базе возобновляемой энергетики в плане энергобезопасности имеет большое значение и для такой огромной

страны как Россия. Районы децентрализованного энергоснабжения и неэлектрифицированные зоны составляют около 70% ее территории. Причем, поселения не имеющие электричества встречаются и в районах централизованного энергоснабжения. Слишком дорого сейчас стало строить линии электропередач. В такой ситуации всецело может помочь развитие возобновляемой энергетики. Кроме того, создание объектов возобновляемой энергетики непосредственно вблизи потребителя могла бы дать дополнительное количество рабочих мест и снять социальную напряженность. Развитие возобновляемой энергетики в нашей стране позволит повысить энергетическую автономность и защитить потребителя при перебоях в централизованном электроснабжении. Эта тоже одна из существенных составляющих энергобезопасности, которую может обеспечить возобновляемая энергетика.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Березкин М.Ю. Возобновляемая энергетика в постиндустриальном обществе / Мат. науч. молодежной школы «Возобновляемые источники энергии». Москва, 2000. – с. 75-79.
2. Березкин М.Ю., Синюгин О.А. Постиндустриальные тенденции конкурентоспособности энергетики мира / Сб. «Конкурентоспособность в системе мирового хозяйства». М.: Пресс-Соло, 2002. – с. 340-354.

#### ВЕТРОДИЗЕЛЬНЫЙ ЭНЕРГОКОМПЛЕКС ОСТРОВА ВАЛААМ

С.С. Борминов

*Московский Энергетический Институт (Технический Университет)*

Возрастающий интерес к энергетическим ресурсам связан с глобальным потеплением и последствиями парникового эффекта. Сегодня люди понимают, что запасы ископаемого топлива ограничены и его использование ведет к загрязнению окружающей среды: так, эмиссия диоксида углерода приводит к глобальному потеплению, а диоксид серы является причиной кислотных дождей. Если принимать это во внимание, то все более привлекательным становится использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к которым относится энергия ветра.

В данной статье рассматривается возможность сооружения ветроэнергетических установок, совмещённых с дизельным генератором и работа этого комплекса в локальной сети о. Валаам на Ладожском озере. Совмещение ВЭУ с дизельными двигателями на сегодняшний момент – оптимальное решение проблемы обеспечения электроэнергией районов, удаленных от центральных энергосистем. Это решение выглядит наиболее привлекательно с точки зрения экономии дорогого дизельного топлива.

На основании данных метеостанций вокруг Ладожского и Онежского озёр было определено, что среднегодовая скорость ветра на о. Валаам равна 6,2 метра в секунду.

Для выполнения ветроэнергетических расчетов необходимы значения повторяемости

скоростей ветра с интервалами скорости не более 1 метра в секунду. Получение таких данных возможно после выравнивания эмпирических распределений скоростей ветра с помощью аналитических зависимостей. Для выравнивания повторяемости были предложены различные типы уравнений - Поморцева, Гуллена, Гудрича, Гриневича, Вейбулла. При выполнении кадастровых исследований наибольшее признание нашло 4-параметрическое уравнение Гриневича. Уравнение Гриневича, для скоростей более 6 метров в секунду, имеет вид:

$$t = 1,038 \frac{\Delta V}{\bar{V}} \left( \frac{V}{\bar{V}} \right)^{0.5} \exp[-0,547 \left( \frac{V}{\bar{V}} \right)^2]$$

, где  $t$  – периодическая повторяемость в %;

$V$  – скорость ветра, для которой вычисляется повторяемость в м/с;

$\bar{V}$  - среднемесячная скорость ветра в м/с;

$\Delta V$  – шаг скорости ветра ( $\Delta V = 1$  м/с).

При построении годового графика нагрузки потребителя (см. рисунок) было учтено, что в регионе продолжительность лета – 104 дня, осени – 70 дней, зимы – 143 дня, весны – 48 дней. Зимний максимум нагрузки 1,5 МВт, летний минимум – 0,3 МВт. Для покрытия графика нагрузки только тремя дизель-генераторными установками (ДГУ) типа АД500С – Т – 400 – 2Р, требуется израсходовать дизельного топлива 2322984 литров в год.

При совместной работе в комплексе ДГУ + ВЭУ работает лишь один агрегат ДГУ в базе, поддерживая летнее – зимние минимумы нагрузки, одновременно решая проблему реактивной мощности и устойчивости комплекса. При этом расход топлива составил 1307999 литров в год.

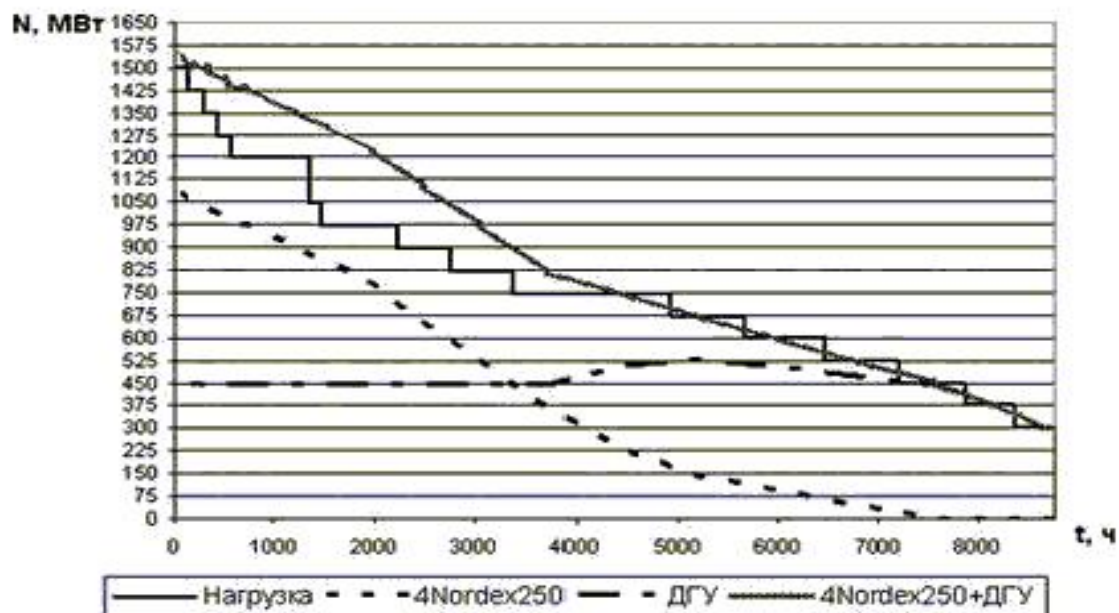


Рис. 1. Нагрузочные характеристики потребителя и ветродизельного комплекса 4Nordex250 + ДГУ.



В целом экономия дизельного топлива ветродизельного комплекса составляет 1014985 литров в год. Это подтверждает целесообразность применения ветродизельных энергокомплексов в локальных энергосетях, в том числе и на острове Валаам.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТАНОВОК СОЛНЕЧНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Д.А. Бушуев

*Московский энергетический институт (Технический Университет)*

Данный доклад был подготовлен в рамках инициативного проекта «Разработка методологии расчета и исследование энергетической эффективности электрических и тепловых станций и установок, использующих возобновляемые источники энергии», поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований в 2005 году (проект № 05-08-18128).

Для принятия решения о сооружении энергетических объектов, как традиционных, так и на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), требуется провести технико-экономическое сравнение вариантов энергоснабжения, в основе которого лежат расчеты с использованием экономических показателей. Рост цен на органическое топливо ставит под сомнение точность прогнозирования этих показателей на среднесрочную и долгосрочную перспективу, а, следовательно, и адекватность сравнения традиционных энергоустановок и энергоустановок на базе ВИЭ. Одним из способов обеспечения адекватности сопоставления энергоустановок является оценка их энергетической эффективности. Таким образом, вопрос оценки энергетической эффективности энергоустановок, предусматривающий сравнение количества энергии, затраченного на изготовление энергоустановки и ее эксплуатацию, с количеством энергии, вырабатываемым ею за срок службы, становится одним из важнейших для определения перспектив использования ВИЭ как в мире, так и в России.

Одним из самых развитых направлений использования ВИЭ в нашей стране является использование солнечной энергии в системах теплоснабжения и системах горячего водоснабжения (ССГВ) на базе плоских солнечных коллекторов (СК), которые получили наибольшее распространение в Краснодарском крае. Большинство этих систем сооружено на базе оборудования ОАО «Ковровский механический завод» (ОАО «КМЗ», г. Ковров, Владимирская область), который является ведущим производителем ССГВ и СК на российском рынке, обеспечивая их надежность и высокие эксплуатационные показатели. Поэтому определение энергетической эффективности представляется целесообразным провести на базе оборудования этого предприятия-изготовителя.

Объектами исследования являлись ССГВ различной производительности, для которых определялись следующие параметры, характеризующие энергетическую эффективность – коэффициент энергетической эффективности  $K_{\text{эн}}^{\text{эф}}$  и срок энергетической окупаемости  $T_{\text{ок}}^{\text{эн}}$ :

$$K_{\text{эн}}^{\text{эф}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{пр}}}{\mathcal{E}_{\text{изр}}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{пр}}}{(\mathcal{E}_{\text{св}} + \mathcal{E}_{\text{тек}})} \quad (1)$$

$$T_{\text{ок}}^{\text{эн}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{изр}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{T_{\text{сл}}}{K_{\text{эн}}^{\text{эф}}}, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{пр}}$  – тепловая энергия, произведенная ССГВ за срок службы;  $\mathcal{E}_{\text{изр}}$  – энергия, израсходованная на создание ССГВ и ее функционирования в течение срока службы;  $\mathcal{E}_{\text{св}}$  – энергия, израсходованная на создание оборудования, строительных материалов и конструкций ССГВ (связанная энергия);  $\mathcal{E}_{\text{тек}}$  – энергия, израсходованная в процессе сооружения и функционирования ССГВ (энергия текущих расходов);  $\mathcal{E}_{\text{год}}$  – тепловая энергия, произведенная ССГВ за год;  $T_{\text{сл}}$  – срок службы ССГВ.

Тепловая энергия, произведенная ССГВ за срок службы ( $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ ), определялась из формулы:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = q_{\text{уд}} \cdot (n \cdot S_{\text{ск}}) \cdot T_{\text{сл}} = q_{\text{уд}} \cdot S_{\text{ск}\Sigma} \cdot T_{\text{сл}} = \mathcal{E}_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}, \quad (3)$$

где  $q_{\text{уд}}$  – удельная выработка тепловой энергии в год, зависящая от широты места сооружения ССГВ, Гкал/м<sup>2</sup>\*год;  $n$  – количество СК;  $S_{\text{ск}}$  – площадь поглощающей панели СК, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{ск}\Sigma}$  – суммарная площадь СК, м<sup>2</sup>;  $\mathcal{E}_{\text{год}}$  – выработка тепловой энергии ССГВ за год, Гкал/год.

Связанная энергия ССГВ ( $\mathcal{E}_{\text{св}}$ ) определялась из формулы:

$$\mathcal{E}_{\text{св}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3, \quad (4)$$

где  $\mathcal{E}_1$  – расход энергии на создание основного оборудования, комплектующих изделий и материалов;  $\mathcal{E}_2$  – расход энергии на создание общестанционного оборудования, комплектующих изделий и материалов;  $\mathcal{E}_3$  – энергия, израсходованная на создание материалов и строительных конструкций для зданий и сооружений.

Энергия, израсходованная в процессе сооружения и функционирования ССГВ ( $\mathcal{E}_{\text{тек}}$ ), определялась из формулы

$$\mathcal{E}_{\text{тек}} = \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_5 + \mathcal{E}_6 + \mathcal{E}_7 + \mathcal{E}_8 + \mathcal{E}_9, \quad (5)$$

где  $\mathcal{E}_4$  – расход энергии на собственные нужды ССГВ за срок службы;  $\mathcal{E}_5$  – потери тепловой энергии на передачу от ССГВ до потребителя;  $\mathcal{E}_6$  – расход энергии на транспорт оборудования и материалов на место строительства, включая местный транспорт;  $\mathcal{E}_7$  – расход энергии на строительные и монтажные работы;  $\mathcal{E}_8$  – расход энергии на демонтаж и утилизацию;  $\mathcal{E}_9$  – расход энергии на коммунально-бытовые нужды строителей и эксплуатационников.

Расчеты проводились с использованием теоретического коэффициента соотношения внесистемных единиц и коэффициента замещения органического топлива, учитывающего средний КПД преобразования топлива в тепловую и электрическую энергию [1]. В первом случае применялись соотношения (6), во втором – соотношения (7):

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 122,84 \text{ г у.т.}; \quad 1 \text{ Гкал} = 142,86 \text{ кг у.т.}, \quad (6)$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 340 \text{ г у.т.}; \quad 1 \text{ Гкал} = 160 \text{ кг у.т.} \quad (7)$$

В качестве ССГВ малой производительности (200 л/сут) рассматривалась солнечная

установка горячего водоснабжения для индивидуальных домов и коттеджей. В заводскую комплектацию системы входят: два СК; теплоизолированный бак-аккумулятор (БА) объемом 0,16 м<sup>3</sup>; теплоизолированные трубопроводы гидравлической связи; опорная арматура [2]. По данным производителя, в настоящее время эти системы выпускаются без блока резервного подогрева. Конструкция СК подробно описана в [3]. Предполагаемое место размещения ССГВ – г. Краснодар.

В качестве ССГВ большой производительности (7500 л/сут) рассматривалась ССГВ ремонтного цеха локомотивного депо в Тихорецке с полем СК 96 м<sup>2</sup>. В состав системы входят: 120 СК; 2 БА по 6 м<sup>3</sup> каждый; теплоизолированные трубопроводы гидравлической связи СК и БА; опорная конструкция СК; 2 циркуляционных насоса. Резервный подогрев воды осуществляется от теплоносителя котлов. Подробное описание системы приведено в [3].

Результаты расчетов произведенной тепловой энергии, энергии текущих расходов, связанной энергии, показателей энергетической эффективности ( $K_{\text{эн}}^{\text{эф}}$  и  $T_{\text{ок}}^{\text{эн}}$ ) с учетом коэффициента соотношения внесистемных единиц (I), коэффициента замещения органического топлива (II) и указанных выше положений для рассматриваемых систем представлены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

Определение показателей энергетической эффективности для установки солнечного горячего водоснабжения индивидуального пользования

| Параметр                                       | Значение параметра |        |
|------------------------------------------------|--------------------|--------|
|                                                | I                  | II     |
| Произведенная тепловая энергия, кг у.т.        | 2057,2             | 2304,0 |
| Энергия текущих расходов, кг у.т.              | 58,1               | 58,1   |
| в том числе:                                   |                    |        |
| Транспорт на место сооружения, кг у.т.         | 33,2               | 33,2   |
| Демонтаж и утилизация, кг у.т.                 | 24,9               | 24,9   |
| Связанная энергия, кг у.т.                     | 68,9               | 104,4  |
| в том числе:                                   |                    |        |
| Солнечные коллекторы, кг у.т.                  | 46,0               | 77,1   |
| Опорная конструкция, кг у.т.                   | 13,0               | 14,4   |
| Бак-аккумулятор, кг у.т.                       | 9,9                | 13,0   |
| Коэффициент энергетической эффективности, о.е. | 16,2               | 14,2   |
| Срок энергетической окупаемости, лет           | 0,62               | 0,71   |

Таблица 2.

Определение показателей энергетической эффективности для ССГВ ремонтного цеха локомотивного депо в г. Тихорецке

| Параметр                                       | Значение параметра |        |
|------------------------------------------------|--------------------|--------|
|                                                | I                  | II     |
| Произведенная тепловая энергия, кг у.т.        | 109716             | 122880 |
| Энергия текущих расходов, кг у.т.              | 5554,6             | 14311  |
| в том числе:                                   |                    |        |
| Собственные нужды, кг у.т.                     | 4952,9             | 13709  |
| Транспорт на место сооружения, кг у.т.         | 498,4              | 498,4  |
| Демонтаж и утилизация, кг у.т.                 | 103,3              | 103,3  |
| Связанная энергия, кг у.т.                     | 4590,9             | 6978,5 |
| в том числе:                                   |                    |        |
| Солнечные коллекторы, кг у.т.                  | 2761,1             | 4624,7 |
| Опорная конструкция, кг у.т.                   | 1534,0             | 1969,1 |
| Баки-аккумуляторы, кг у.т.                     | 139,2              | 157,9  |
| Гидравлические трубопроводы, кг у.т.           | 82,9               | 94,0   |
| Циркуляционные насосы, кг у.т.                 | 38,7               | 42,8   |
| Блок управления насосами, кг у.т.              | 35,0               | 90,0   |
| Коэффициент энергетической эффективности, о.е. | 10,8               | 5,8    |
| Срок энергетической окупаемости, лет           | 0,93               | 1,72   |

Таблица 3.

Значения параметров, соответствующие расчетным значениям коэффициентов энергетической эффективности рассматриваемых ССГВ

| Параметр                       | Значение параметра                              |                                                  |
|--------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                | ССГВ индивидуального пользования (г. Краснодар) | ССГВ рем. цеха локомотивного депо в г. Тихорецке |
| $S_{ср\Sigma}, м^2$            | 2                                               | 96                                               |
| $T_{сл}, лет$                  | 10                                              | 10                                               |
| $\mathcal{E}_{тек}, кг у.т.$   | 58,1                                            | 14311                                            |
| $\mathcal{E}_{св}, кг у.т.$    | 104,4                                           | 6978,5                                           |
| $\mathcal{E}_{ст}, кг у.т./кг$ | 0,764                                           | 0,764                                            |
| $q, Гкал/м^2*год$              | 0,80                                            | 0,80                                             |

Следует также отметить, современные ССГВ органично вписываются в конструкцию зданий, для удовлетворения энергетических потребностей которых они проектируются, и являются их конструктивной частью. Углы наклона поверхностей здания, где будет по проекту располагаться поле солнечных коллекторов, обуславливаются обеспечением эффективности работы ССГВ, а, следовательно, специальных опорных конструкций не предусматривается. Это ведет к уменьшению связанной энергии ССГВ, повышению коэффициента энергетической эффективности, сокращению срока энергетической окупаемости.

Также были рассчитаны зависимости коэффициентов энергетической эффективности рассматриваемых ССГВ от срока службы; энергии текущих расходов; связанной энергии; полной энергоемкости стали; удельной годовой выработки тепловой энергии. Пересчет в условное топливо производился по коэффициенту замещения органического топлива. Зависимость от текущего параметра определялась с учетом постоянства других параметров. Расчетные значения коэффициентов энергетической эффективности были получены при значениях других параметров, которые приведены табл. 3.

#### Выводы.

1. Коэффициенты энергетической эффективности рассматриваемых ССГВ в условиях Краснодарского края составили 14,2 и 5,8, т.е. энергия, выработанная установками за 10 лет, соответственно в 14,2 и 5,8 раза превысила энергию, затраченную на их создание и функционирование.

2. Анализ зависимостей коэффициента энергетической эффективности от величины различных элементов энергетических затрат, а также от величины удельной годовой выработки, дает основание полагать, что этот коэффициент будет больше единицы в самых неблагоприятных условиях.

3. Связанная энергия для рассматриваемых ССГВ, определенная по коэффициенту замещения органического топлива, превысила величину, определенную по теоретическому коэффициенту соотношения внесистемных единиц, в 1,5 раза, что подтверждает необходимость проведения расчетов с использованием коэффициента замещения органического топлива.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России / П.П.Безруких, Ю.Д.Арбузов и др.; под ред. П.П.Безруких. – СПб: Наука, 2002. – 314 с.
2. Оборудование возобновляемой и малой энергетики: Справочник-каталог / Под ред. П.П.Безруких. – 2-е изд. – М.: ООО ИД «Энергия», 2005. – С. 123.
3. Бутузов В.А.. Повышение эффективности систем теплоснабжения на основе возобновляемых источников энергии: Дис. докт. техн. наук. – Краснодар, 2004. – 297 с.
4. Гончаров С.В., Чернявский А.А. Перспективы использования солнечной энергии в

Российской Федерации // Энергетическая политика. – 2001. – Вып. 3 – С. 51-59.

5. Справочник электрика промышленных предприятий / Под ред. А.А.Федорова и П.В.Кузнецова. – М.: Госэнергоиздат, 1954. – 1040 с.

6. Копытов Ю.В., Чуланов Б.А. Экономия электроэнергии в промышленности: Справочник. – 2-изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – С. 101.

7. Бесчинский А.А., Коган Ю.М.. Экономические проблемы электрификации. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983.– 431 с.

8. Производство стеклянных изделий. <http://www.steklodel.ru/proizvodstvo.htm>.

9. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г. Методика оценки показателей эффективности использования солнечных водонагревательных установок в климатических условиях Российской Федерации.– М.: МФТИ, 2004. – 31 с.

## ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.В. Виноградов

*Орловский государственный аграрный университет*

Во всем мире в области энергетики на сегодняшний день существует тенденция возможно более широкого применения возобновляемых и альтернативных источников энергии (ВиАИЭ). Особенно актуальным считается использование их для электрификации сельского хозяйства, что, в первую очередь, обуславливается особенностями спроса на электроэнергию сельскохозяйственными потребителями и возможностями выработки ее генераторами, использующими ВиАИЭ. Указанное направление включено в концепцию развития электрификации сельского хозяйства России [1].

Внедрение возобновляемой энергетики на территории страны имеет значительные трудности, среди которых некоторые авторы выделяют: психологический, экономический, технологический, законодательный и информационный барьеры [2]. Намечаются пути преодоления данных барьеров. В частности, решение технологического барьера авторы видят в разработке новых энергетических технологий и освоении этих технологий промышленностью.

Новые технологии активно разрабатываются, что подтверждается значительным количеством публикуемых патентов РФ, статей и других материалов. Эти публикации касаются в первую очередь предложений по совершенствованию и созданию конструкций установок ВиАИЭ (например, работы, проводимые в ГНУ ВИЭСХ, НИЦ «ВИНДЭК», ФГНУ ВНИИ «РАДУГА» и многих других организациях), методик определения экономического эффекта от применения ВиАИЭ [2, 3]. В то же время достаточно остро стоит вопрос недостаточности нормативных материалов, необходимых при разработках реальных проектов. Особенно это касается применения технологий использования биомассы и, особенно, проектирования биогазовых установок большой производительности, хотя именно

этот ВиАИЭ является одним из наиболее перспективных для России. Наибольший коэффициент товарности, в свою очередь, имеют биогазовые установки большой производительности, малопроизводительные установки зачастую являются зависимыми от внешнего источника электроснабжения.

Для всех вариантов электроснабжения с использованием ВиАИЭ недостаточно проработана проблема, связанная с определением мощности установок (в том числе необходимого ее запаса) и с обеспечением надежности в аварийных ситуациях. Практические расчеты аварийных режимов следует рассчитывать уже не так, как это делалось для случаев электроснабжения от энергосистемы (генератор с ВиАИЭ нельзя считать источником с неограниченной мощностью).

Автоматизация установок ВиАИЭ постоянно возрастает, но это касается в первую очередь генераторов и сопутствующего оборудования. В то же время актуальными являются вопросы автоматизации системы электроснабжения вплоть до потребителя (например, выделение наиболее ответственных потребителей при необходимости).

Существенны и другие проблемы, возникающие на пути применения ВиАИЭ, в том числе влияние человеческого фактора на качество монтажа, эксплуатации и ремонта установок, влияние ВиАИЭ на экологию, разнообразные социально-экономические факторы и так далее.

Самой же значимой проблемой является низкая заинтересованность населения и организаций в применении ВиАИЭ, что связано с отсутствием специальной стратегии развития малой и возобновляемой энергетики в регионах.

Все указанные проблемы требуют решений, могущих повысить доступность применения ВиАИЭ, обеспечить необходимый уровень их автоматизации и, таким образом, заинтересовать население и организации в использовании ВиАИЭ.

Анализ ресурсов ВиАИЭ, проведенный по Орловской области [4], показал, что особенно перспективным является применение биоэнергетических установок (в частности, биогаза), в некоторых районах – мини и микроГЭС, солнечной энергии для нужд горячего водоснабжения в летний период, ветроэнергетических установок для водоподъема. Хотя в регионе, у некоторых сельскохозяйственных предприятий, имеется интерес к развитию нетрадиционной энергетики, требуется решения указанных выше задач для реального ее применения. В настоящее время автором статьи выполняется работа, направленная на разработку стратегии применения ВиАИЭ в Орловской области.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция развития электрификации сельского хозяйства в России. М.: Россельхозакадемия, 2002.
2. Безруких П.П., Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии.- М.: ГНУ ВИАИЭСХ, 2005.- 264с.
3. Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 3-й Международной

научно-технической конференции (14-15 мая 2003 года, Москва, ГНУ ВИЭСХ). Часть 4. Нетрадиционные источники энергии. Вторичные энергоресурсы. Экология. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2003. – 372 с.

4. Васильев В.Г., Виноградов А.В. Ресурсы Орловской области с точки зрения использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергии // Электрика, №5, 2006.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ДИНАМИКУ МАЛЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

А.С. Воложенин, И.С. Нургалиев

*Московский энергетический институт (Технический Университет)*

Известно, что использование возобновляемой энергии, так же как, впрочем, и невозобновляемой тоже, человечеством для удовлетворения своих многочисленных потребностей, есть не что иное как следующий этап преобразования, передачи, накопления и т.д. той энергии, которая содержалась в ранней Вселенной в структуре составляющей ее материи, ее движения, во связях взаимодействия вновь возникающих структурных образований во Вселенной. Исследование динамики малых возмущений в распределении материи представляет собой путь к объяснению того, почему наша наблюдаемая Вселенная именно такая, а не иная. Особенная актуальность данной задачи возникла в связи с принципиально новыми наблюдательными данными, о существовании доминирующей неизвестной компоненты материального содержимого Вселенной и пространственной анизотропии реликтового радиационного фона, что свидетельствует о необходимости пересмотра многих наших представлений о структуре и эволюции Вселенной.

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы составить программу для приближенного решения численными методами системы дифференциальных уравнений (1), описывающих функции динамики плотности компонент материи. С помощью программы получить вид этих функций, который прогнозирует образование крупномасштабных структур скоплений галактик, звезд – основных источников энергии для жизни на планетах. Здесь индексами  $d$ ,  $\gamma$ ,  $b$  обозначены соответственно невидимая компонента (dark matter), «горячая компонента», давление которой обусловлено фотонами, и барионная компонента  $\Lambda_b^2 = k^2 v_i^2 t^{8/3-2\gamma_i}$ ,  $v_i^2 = \partial p_i / \partial \rho_i$ ,  $\Omega_i = \rho_i / \sum \rho_i$ .

$$\begin{aligned} t^2 \ddot{\delta}_d + \frac{4t}{3} \dot{\delta}_d + \left[ \Lambda_d^2 - \frac{2\Omega_d}{3} \right] \delta_d - \frac{2\Omega_\gamma}{3} \delta_\gamma - \frac{2\Omega_b}{3} \delta_b &= 0, \\ t^2 \ddot{\delta}_\gamma + \frac{4t}{3} \dot{\delta}_\gamma + \left[ \Lambda_\gamma^2 - \frac{2\Omega_\gamma}{3} \right] \delta_\gamma - \frac{2\Omega_b}{3} \delta_b - \frac{2\Omega_d}{3} \delta_d &= 0, \\ t^2 \ddot{\delta}_b + \frac{4t}{3} \dot{\delta}_b + \left[ \Lambda_b^2 - \frac{2\Omega_b}{3} \right] \delta_b - \frac{2\Omega_d}{3} \delta_d - \frac{2\Omega_\gamma}{3} \delta_\gamma &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$



Здесь индексами d,  $\gamma$ , b обозначены соответственно невидимая компонента (dark matter), «горячая компонента», давление которой обусловлено фотонами, и барионная компонента  $\Lambda_b^2 = k^2 v_i^2 t^{8/3-2\gamma_i}$ ,  $v_i^2 = \partial p_i / \partial \rho_i$ ,  $\Omega_i = \rho_i / \sum \rho_i$ .

Система (1) описывает три стадии в температурной эволюции трехкомпонентной среды: 1) все три компоненты непылевидные ( $v_i \neq 0, i = d, \gamma, b$ ); 2) нерелятивистская невидимая компонента  $v_d = 0$ , горячая плазма в равновесии с излучением до рекомбинации ( $v_\gamma \neq 0, v_b \neq 0$ ); 3) этап после рекомбинации ( $v_d = v_b = 0, v_\gamma \neq 0$ ). Система (1) решена впервые Нургалиевым И.С. аналитически точно (1984). Наиболее общие решения, в частности, при случае и других новых компонент, формулируются с помощью G-функций Мейера [1].

Для решения задачи использовались языки программирования Visual Basic и Visual Fortran. Пользовательский интерфейс составлен на основе Бейсика а высокая быстрота математических расчетов достигается за счет использования Фортрана. Для удобства анализа графиков функций предусмотрено несколько способов их просмотра.

В программе в качестве главного численного метода использован метод Эйлера. Суть метода очень проста – имея дифференциальное уравнение и начальную точку, мы находим вторую производную, затем первую и получаем еще одну точку и т.д.

$$\frac{d^2}{dT^2} X = f\left(\frac{d}{dT} X, X, T\right); \quad \frac{d}{dT} X = \frac{d}{dT} X_0 + \frac{d^2}{dT^2} X \cdot \Delta T; \quad X = X_0 + \frac{d}{dT} X \cdot \Delta T$$

Там, где функция ведет себя более линейно можно увеличить шаг, а там, где менее линейно – уменьшить его. Благодаря изменению шага создается возможность решать дифференциальные уравнения на огромных интервалах.

Но в обычном методе Эйлера изменение шага не всегда допустимо. Дело в том, что если при расчете резкоколеблющейся с высокой частотой вблизи нуля функции изменить даже очень незначительно шаг, то может произойти сильный скачок и резкое изменение частоты с амплитудой. Форма графика будет безнадежно искажена и продолжение расчета даст совершенно неверную картину поведения функции. Определим, из-за чего это произошло. На рисунке 1 приведены примеры приближенного интегрирования двумя способами на некотором шаге dT.

В первом случае результат будет S1, а если уменьшить шаг вдвое, то S1 + S2. Точный же результат будет S1 + S2 + S3. Во втором случае обычный результат S1 + S2 + S3, при уменьшении шага вдвое: S1 + S3, а точный – S1. Площади, выражающие разницу результатов при смене шага - S2. Если упростить рисунки, приняв, что шаг настолько мал, что функция линейна на промежутке, получим точные результаты (S1) + S4 – для первого случая, (S1 + S2 + S3) - S4 для второго случая (см. Рисунок 2). По рисунку также видно, что при изменении шага результат не меняется, т.к. за функцию F3 на этом отрезке принимается ее среднее значение. Очевидно, что  $F3 = (F2 + F1) / 2$ . Из этого следует, что при интегрировании для избежания скачков при изменении шага нужно к интегрируемой функции прибавлять или отнимать  $(F2 - F1) / 2$ .

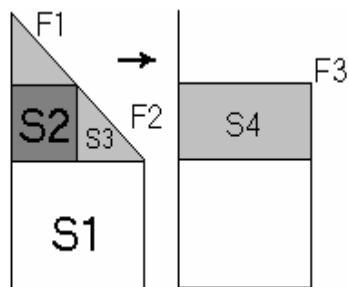
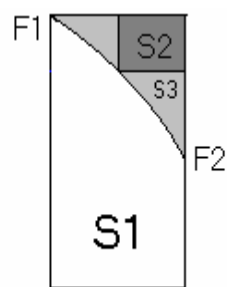
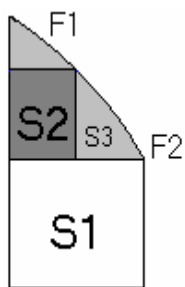


Рис. 1.

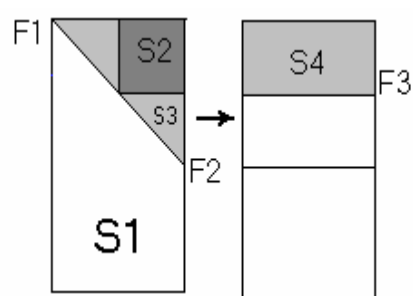


Рис. 2.

При создании алгоритма также рассматривалась возможность различных последовательностей расчета функции и производных.

$$\frac{d^2}{dT^2}X = \frac{\Delta\left(\frac{d}{dT}X\right)}{\Delta T} \quad \frac{d}{dT}X = g\left(\frac{d^2}{dT^2}X, X, T\right) \quad X = X_0 + \frac{d}{dT}X \cdot \Delta T$$

$$\frac{d^2}{dT^2}X = \frac{\Delta\left(\frac{d}{dT}X\right)}{\Delta T} \quad \frac{d}{dT}X = \frac{\Delta(X)}{\Delta T} \quad X = h\left(\frac{d^2}{dT^2}X, \frac{d}{dT}X, T\right)$$

Для данной системы дифференциальных уравнений оказалось, что лучший вариант расчета – исходный, т.к. вторая производная осциллирует быстрее всего и прямая зависимость от шага приведет к очень большой погрешности и искажению формы.

Анализ полученных графиков:

При увеличении коэффициента  $k$  увеличивается частота колебания. При  $k \rightarrow \infty$ , что соответствует коротким волнам, происходит расщепление уравнений и возникновение несвязанных звуковых волн. На рисунке 3 видно, что со временем частота и амплитуда убывают и функция начинает принимать вид  $T^{2/3}$ . На рисунке 4 видно как происходит уменьшение частоты колебаний.



Рис. 3.

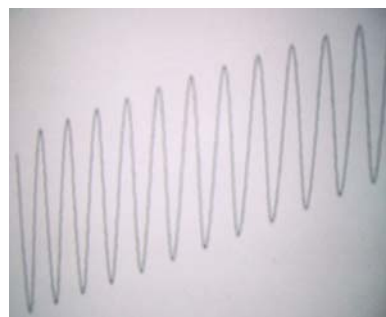


Рис. 4.

## ЛИТЕРАТУРА

Нургалиев И.С. Динамика малых возмущений в многокомпонентной космологической среде. Письма в астрономический журнал. Том 12, 1986 г.

# ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУРИНОГО ПОМЁТА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА И ХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

А.В. Воронин, Д.С. Разгоняев, О.Г. Алексеева

*Государственный университет управления, г. Москва*

Промышленное птицеводство (выращивание цыплят-бройлеров и содержание кур-несушек) на выходе имеет два основных продукта:

- товарное куриное мясо и яйцо;
- отходы птицеводства (в первую очередь куриный помет).

Так как птицу разводят ради мяса, то в стоимость его входят все расходы на его получение, в том числе на удаление, утилизацию или тот или иной способ захоронения помета. Фактически помет изначально стоимости не имеет, то есть при том или ином возможном способе его использования в качестве сырья он бесплатный (без учета стоимости доставки к месту переработки). Стоимость любой продукции из помета будет создаваться в процессе ее производства.

Традиционные способы утилизации (использования) куриного помета:

1) Различные виды удобрений (бесподстилочное содержание и с подстилкой);

- в чистом виде;
- в смеси с торфом, шлаком, цеолитами, фосфогипсом, суперфосфатом, шелухой, мякиной и т.д.;
- получение различных компостов (в том числе с использованием калифорнийских червей).

2) В качестве кормовой среды;

- выращивание синантропных мух или яиц комнатной мухи;
- субстрат для выращивания слизистых бацилл (ценная кормовая добавка).

3) Кормовая добавка для крупного рогатого скота (после хотя бы частичной дезодорации).

Примерный (типовой) состав сухого птичьего помета (СПП) в %, характерный для средней полосы России («сухое вещество» примерно 91,4 %).

1. Сырой протеин - 29,32.
2. Сырой жир - 2,68.
3. Сырая клетчатка - 16,93.
4. «Зола» (минеральная основа) - 29,5.
5. Кальций - 6,74.
6. Фосфор - 2,98.

Как не покажется странным, птичий помет по составу приближается к пшенице, гороху, ячменю! Он содержит практически все важные микроэлементы (Mg, Cu, Mn, Zn и т.д.). В птичьем помете (ПП) обнаружено много химических веществ, например, кислоты, сульфиды, сераорганические соединения, бензопирролы, фенолы (в частности 2,6-

дитретбутилфенол и его производные); 2,6 - дитретбутилкрезол, бензохиноны, ароматные соединения (с приятным запахом) и т.д.

Содержатся витамины: каротин, провитамины Д, Е, К; рибофлавин, пиридоксин; никотиновая кислота, В<sub>12</sub> и т.д. В пределах до 1,5 % имеются все незаменимые аминокислоты.

Фактически ПП – многокомпонентная смесь различных химических веществ, которая может быть использована как бесплатное сырье для получения большого набора химических веществ и композиций.

В 1985-1991 гг. в Институте нефтехимического синтеза АН СССР совместно с Физическим институтом АН СССР в лабораторных условиях были проработаны возможности получения технических веществ и композиций из влажного ПП.

Преимущественно методами экстракции (индивидуальными или смесевыми растворителями) удавалось выделять:

- ароматические (ароматные) композиции;
- смеси веществ, которые могли играть роль стабилизаторов полимеров;
- ряд других технических (то есть не индивидуальных веществ !) композиций, которые могли иметь практическое применение.

Растворители подвергались регенерации и использовались многократно.

По-видимому, целесообразно было бы организовать специализированное химическое производство технических композиций на базе переработки ПП (неисчерпаемое, возобновляемое сырье!).

Ориентировочные оценки показывают возможную экономическую целесообразность такого химического производства. При определенных условиях продукты, получаемые из птичьего помета (ПП) могут стоить дороже, чем продукция «основного» производства (мясо, яйцо, перо).

После частичной химической переработки оставшийся «шлак» может быть «сожжен в мягких условиях», когда получение тепла и энергии важная, но не основная задача. В этом случае (при достаточном количестве тепла и энергии для самообеспечения производства) можно получать углеподобный сорбент (УС). УС хорошо работает по очистке сточных вод и может служить великолепным мульчирующим почву средством с эффектом слабokonцентрированных удобрений. С экологической точки зрения эти процессы даже менее вредны, чем само птицеводство.

На больших птицефабриках производство по переработке ПП по оценкам не должно занимать более 7-10 % общей площади и 5-6 % рабочей силы.

Комплексная переработка птичьего помёта, к сожалению, дело будущего. В настоящее время наиболее реальным направлением утилизации птичьего помёта является переработка его в те или иные виды удобрения.

В 1989-1993 гг. российскими специалистами была создана опытно-промышленная установка по переработке птичьего помета в экологически чистое органическое удобрение.

Установка была смонтирована и запущена в опытную эксплуатацию на птицефабрике совхоза Новомосковский в Тульской области. Подобные установки позволяют получать:

1. Дезодорированное органическое удобрение в гранулах, экструдате или порошке, расфасованное в полиэтиленовые или крафт-мешки по 25 кг, а также в пакеты по 1,5 кг.
2. Побочные продукты производства (жировые компоненты, смолы и т.п.), позволяющие производить полимерные материалы, находящие применение в строительстве и машиностроении.

Производительность установки до 7 тонн удобрений в сутки из 12 тонн сырья, влажностью 75 %, что составляет около 2000 тонн готовой продукции в год. Расчетная себестоимость одной тонны переработанного птичьего помета 18.700 руб. в ценах конца 1993 года (при цене 1т сырья, поступающего с птицефабрики 75 руб.). Цена одной тонны минеральных удобрений - 100-150 тыс. руб. В зависимости от вида, цена одной тонны непереработанного органического удобрения около 20 тыс. рублей. Цены зарубежного рынка (по каталогу «Compass», изготовитель «Greenvale Farm LTD», Великобритания, 1993 г.):

| Упаковка              | Цена        | Цена 1 кг  | Цена за 1 т. |
|-----------------------|-------------|------------|--------------|
| 5 кг                  | 6,75 ф.ст.  | 1,35 ф.ст. | 1350 ф.ст.   |
| 7,5 кг                | 8,75 ф.ст.  | 1,17 ф.ст. | 1170 ф.ст.   |
| 20кг                  | 16,50 ф.ст. | 0,83 ф.ст. | 830 ф.ст.    |
| Средневзвешенная цена |             | 1,12 ф.ст. | 1120 ф.ст.   |

Прибыль от реализации продукции на внутреннем рынке при цене 40000 руб. за тонну (после уплаты налогов в размере: 18% НДС и 32%- налог с прибыли) составит в среднем около 20 млн. руб. в год.

Стоимость изготовления и размещения комплекса - 59 млн. рублей в ценах 1993 г. Сроки окупаемости при реализации продукции на внутреннем рынке - 3 года, при реализации части продукции на внешнем рынке - значительно раньше. Требуемые площади для размещения комплекса:

1. Бетонированная площадка с арочным зданием для размещения оборудования' первичной обработки сырья (обезвоживание) 30х40 м (1200 кв. м.).
2. Свободные площади в помещении птичника размером 25х30 м (750 кв. м) для размещения оборудования окончательной обработки сырья и фасовки продукта. Сроки производства и строительства всего комплекса - около 10 мес. (комплекс может быть запущен и давать товарную продукцию до окончания строительства в минимальной комплектации).

Разработаны методики и нормативно-техническая документация по экологической очистке выбросов, отходов производства, анализу и паспортизации конечной продукции.

Проведённые анализы показали соответствие полученной продукции качественным показателям зарубежных аналогов.

Используя принципы природных экосистем и современные достижения в области химических технологий, можно (по нашему мнению) превратить промышленное птицеводство в экологически чистую и экономически процветающую отрасль.

## ПРОБЛЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЁ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ

А.В. Воронин, Д.С. Разгоняев, О.Г. Алексеева

*Государственный университет управления, г. Москва*

Уровень благосостояния человечества в целом сейчас в первую очередь определяется количеством энергии, которое вырабатывается на душу населения. Комфортность жилищ, качество и количество пищи, транспорт, промышленное производство - всё это в сильной степени зависит от количества энергии и её доступности. Об этом людям надо помнить постоянно в связи с конечностью классических и основных на нынешний момент источников топлива: в первую очередь нефти и природного газа, а также угля и природных расщепляющихся материалов.

Начиная с 70-х годов отношение к энергетической проблеме было двойственным. С одной стороны, возрастало понимание того, что рано или поздно (но в обозримом будущем!) перед человечеством встанет проблема нехватки энергии и поэтому необходимы активные поиски и научные изыскания, новые идеи в области новых источников энергии. С другой стороны, человечество осознало, что НТР принесла чрезвычайно негативные изменения в окружающую природную среду, и поняло, что, если оно хочет выжить, необходимо очень серьёзно относиться к природной экосистеме Земли.

Начался период бурного развития экологии, как науки, и настало время серьезного отношения к проблемам охраны окружающей среды.

Всё возрастающее использование органического ископаемого топлива обуславливает сильное загрязнение атмосферы и даже изменение её состава, в первую очередь, за счёт накопления в атмосфере  $\text{CO}_2$ .

Наиболее удобным и самым распространённым при конкретном использовании видом энергии ныне является электричество. Для выработки необходимого количества электроэнергии строят гигантские электростанции. Преимущественно тепловые, затем атомные, гидроэлектростанции, приливные, геотермические, ветроустановки. И до сих пор упорно стараются создавать как можно более мощные энергоустановки. Но коэффициент преобразования «первичных» видов энергии в электроэнергию составляет около 30 %. И, поэтому, мы получаем концентрированные источники химического и физического загрязнения атмосферы, строим большое количество линий электропередач для доставки энергии конкретным потребителям. Всё это требует коренного и крупномасштабного изменения природной среды, и (главное!) увеличивает безвозвратные потери энергии.

И даже использование альтернативных «чистых» источников энергии не спасёт

радикально ситуацию, если мы будем увлекаться гигантоманией.

Может быть, имеет смысл повнимательнее присмотреться к природе и, помня, что мы всего лишь часть (может быть отчасти «разумная», но часть!) её, использовать тысячелетиями отработанные природные принципы:

- собирать энергию многообразными способами, но по единому принципу ;
- аккумулировать, запасать энергию малыми порциями, но постоянно и при любом удобном случае, а затем многообразными способами, но по единому принципу использовать источник накопленной энергии.

Небольших источников энергии на Земле пока что хватает с избытком. Небольшие ручьи и речки, сжигание мусора, утилизация низкотемпературного тепла, непостоянные воздушные потоки и прочее можно использовать для периодического и малообъёмного производства универсального энергоносителя, который должен хорошо, надёжно и простым способом сохраняться неограниченно долго, быть достаточно компактным и транспортабельным, легко преобразовываться в тот или иной вид энергии (предпочтительно в электричество и/или тепло).

Можно предположить, что одним из вариантов могла бы быть «натриевая» (или «металлическая», щёлочноземельная) энергетика. Небольшие установки вырабатывают периодически или постоянно металлический натрий (или другой чистый металл, например, цинк, магний), который, собственно, и является основным энергоносителем, может сохраняться достаточно долго и легко доставляться в любой пункт, где необходимо обеспечить локальное и регулируемое по количеству производство энергии.

Для получения тепла и газообразного водорода (и возможно непосредственно некоторой части электроэнергии) необходимо лишь взаимодействие металлического натрия с водой (других металлов с той или иной кислотой), причём, по-видимому, невысокого, с точки зрения чистоты качества. Натрий в данном случае мог бы выступать как бы в роли «безразрядного», не требующего подзарядки аккумулятора.

При создании современной инфраструктуры получения, накопления, транспортировки и доставки потребителям металлического натрия, (или другого активного чистого металла и кислоты) обеспечение локальных потребителей энергией можно было бы сделать надёжным и экономичным. При этом возможно было бы существенно уменьшить потери энергии и сделать более рациональным её расходование.

Конечно, для реализации этого принципа (кстати, использование металлического натрия совсем не единственный, хотя на наш взгляд наиболее оптимальный, возможный подход) нужно провести целый комплекс научно-технологических разработок, которые смогли бы обеспечить надёжное и бесперебойное функционирование новой современной (и как можно надеяться, более экологичной по сравнению с существующей) системы энергообеспечения.

В последнее время в литературе появились предложения использовать в качестве «вещества-аккумулятора» технический углерод (сажу!), которая при необходимости в газогенераторных установках переводится в синтез-газ, обладающий высокой теплотворной

способностью и способный выполнять роль эффективного горючего для двигателей внутреннего сгорания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Химия окружающей среды / Под редакцией Дж.О.М. Бокриса. М.: Химия, 1982.
2. П.Ревелль, Ч.Ревелль. Среда нашего обитания. Кн. 3. Энергетические проблемы человечества (пер. с англ.). М.: Мир, 1995.

### ТРУДНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

А.Я. Гааб

*Орловский государственный аграрный университет*

По некоторым данным, вклад биомассы в мировой энергетический баланс составляет около 12%, хотя значительная доля биомассы, используемой для энергетических нужд, не является коммерческим продуктом и, как результат, не учитывается официальной статистикой. [4]

Доля использования биомассы для энергетических нужд в России очень мала, что связано, в первую очередь, с дороговизной внедрения биогазовых установок, с проблемами их эксплуатации и значительным влиянием человеческого фактора. Так же одной из проблем является неполная автоматизация процессов в биогазовой установке. На данный момент наиболее полно автоматизирован процесс когенерации (выработки электрической энергии, например с помощью газопоршневых тепловых электростанций). Но нет никакой гарантии того что, данные электростанции будут полностью обеспечиваться необходимым количеством биогаза.

Для непрерывной подачи биогаза в энергоустановки необходима отлаженная работа метантенка, своевременная загрузка и выгрузка биоотходов и контроль за процессом сбраживания биоотходов в метантенке.

Процесс сбраживания биоотходов в свою очередь зависит от многих факторов.

Основной проблемой является температурный режим, ведь при незначительном колебании температуры в установке, выход газа может значительно уменьшиться. Для благоприятного протекания анаэробного сбраживания необходима температура 33...37 °С. Чтобы поддержать заданную температуру в осенне-зимний период, приходится отводить часть тепла от газопоршневой электростанции на обогрев метантенка.

При поступлении биоотходов в метантенк и в процессе их сбраживания, на поверхности массы образуется кора, которая препятствует выходу биогаза. Для ее устранения необходимо перемешивать массу от 2 до 6 раз в сутки. На данный момент изобретено несколько конструкций метантенков. [1, 2] Основные их недостатки это большие энергетические затраты на перемешивание и выгрузку материала, сложность конструкции, а как следствие их стоимость. Метантенк [3] лишен этих недостатков, за счет простоты конструкции и



использования мешалки в виде стержней, исключающих налипание материала. Но он обладает другим недостатком, связанным с использованием электромагнитного обогревателя, который использует электроэнергию для своей работы, тем самым, снижая КПД всей установки.

Для благоприятного протекания анаэробного сбраживания бактериям помимо постоянной температуры, необходима «чистота» материала. Что бы исключить снижение активности бактерий, необходимо препятствовать повышению или понижению кислотности и поддерживать влажность в пределах 90...95%. Для увеличения влажности в метантенк подливают теплую воду. Для регулирования кислотности в метантенк добавляют известковую воду.

Человеческий фактор также оказывает влияние, порой негативное, на эффективность работы биогазовых установок. При эксплуатации биогазовой установки необходимо точное соблюдение ряда технологий, требующих точного дозирования, температурного и массового контроля. При неавтоматизированном обслуживании невозможно обеспечить соблюдение всех технологий на должном уровне, в том числе из-за халатного отношения обслуживающего персонала. Максимальная автоматизация всех процессов позволит значительно снизить влияние человека на эффективность работы установки, но достаточного уровня автоматизации добиться сложно ввиду значительного удорожания проекта в данном случае, а так же малого количества подобных разработок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2253211 Российская Федерация, МПК7 А 01 С 3/00. Биоэнергетическая установка [Текст] / О.М. Осмонов, Д.А. Ковалев, И.Г. Кенжаев; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства (ГНУ ВИЭСХ). - №2004115655/12; заявл. 24.05.2004; опубл. 10.06.2005, Бюл. №16. – 6 с.: ил.3.
2. Пат. 2254700 Российская Федерация, МПК7 А 01 С 3/02. Биогазовая установка анаэробного сбраживания органических отходов [Текст] / Р.Г. Сафин, В.А. Лашков, Л.Г. Голубев, А.В. Князева, Е.К. Воронин; заявитель и патентообладатель Научно-технический центр по разработке технологий и оборудования (НТЦ РТО). - №2003138035/12; заявл. 29.12.2003; опубл. 27.06.2005, Бюл. №18 (Ич.). – 6 с.: ил.
3. Пат. 2281254 Российская Федерация, МПК7 А 01 С 3/28. Метантенк [Текст] / Л.В. Данилов, М.М. Маслов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГОУ ВПО ЯГСХА). - №2005106027/15; заявл. 03.03.2005; опубл. 10.08.2006, Бюл. №22 – 7 с.: ил. 2.
4. Шейндлин А.Е. «Размышления о некоторых проблемах энергетики» [Текст]. Лекции лауреатов международной энергетической премии «Глобальная энергия» 2004 года. Сайт премии: [www.ge-prize.ru](http://www.ge-prize.ru).

# ВЕТРОСОЛНЕЧНЫЙ КОМПЛЕКС С ВОДОРОДОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКОЙ

М.В. Герьятович, В.И. Виссарионов

*Московский энергетический институт (Технический Университет)*

## Аннотация

В данном докладе затрагиваются проблемы связанные с производством электроэнергии и перспективы ее развития. Приводится пример электроснабжения автономных и труднодоступных участков побережья озера Байкал. А так же показывается наиболее простой способ хранения водорода, для прибрежных глубоководных районов.

## Проблемы

До сих пор 90% всей энергии добывается тем же способом, каким добывали его наши предки, то есть сжиганием горючих веществ. Ежегодно в атмосферу выбрасывается огромное количество пыли, газа, парообразующих и химических элементов, так же при КПД топлива около 37% выделяется огромное количество низкопотенциального тепла, расходуется до 13 млрд.т. кислорода, т.е. около 1% его содержания в атмосфере. На хозяйственные нужды в мире расходуется более 13% ежегодного стока литосферы – 47000 км<sup>3</sup> пресной воды.

Принцип получения остался прежним, но воздействие его на окружающую среду при современных масштабах производства стало качественно иным.

Современная энергетика вносит существенный вклад в изменение не только химического состава среды, но и в изменение температурного баланса планеты. Даже при современном уровне энергопотребления, когда человечество вырабатывает всего 0,02% от притока солнечной, среднегодовая температура повысилась на 0,5°C. Поэтому уже сейчас важно обеспечить экологически обоснованное направление в разработке принципиально новых способов получения и использования энергии.

В Европе и Америке выделяются огромные средства на развитие НВИЭ, но они имеют ограниченное пространство на суше и поэтому вынуждены осваивать прибрежную морскую территорию, где плотность ветра на 25% больше, чем на суше. Специалисты подсчитали, что все мировые ветроустановки даже работая не на полную мощность, экономят за год около 23 млн. т.у.т. или 400.000 вагонов угля.

Но, устанавливая ветроэнергетические установки с высокими мощностями от 2 до 5 МВт, ученые сталкиваются с рядом проблемм:

1. Они не могут перешагнуть 40% порог коэффициента полезного действия;
2. Очень сложная установка и монтаж оборудования;
3. Аккумуляирование переизбытка энергии;
4. И самая большая проблема – это быстрый износ подшипника, который обеспечивает вращение основного вала ветроколеса, обладающего большим весом, хотя теоретически его срок службы до 25 лет, а на практике показывает только 5.

Из всего вышесказанного следует сделать вывод, что подошло время, для развития других, более эффективных и мощных установок.

Сейчас во многих регионах Севера, Владивостока и Камчатки возникла проблема производства электроэнергии, так как в свое время там были установлены дизельные ЭС, но из за сложившейся ситуации в нефтегазовой отрасли это удовольствие для многих стало роскошью. А ведь у них есть и постоянный прибрежный ветер, и солнце, и приливы, и волны, и даже гейзеры, у них есть будущее, но нет пока денег на развитие этих отраслей. Хотя этот чудесный и богатый край приносит огромную прибыль не только России, но и соседним государствам.

Энергия ветра является одним из самых мощных и доступных среди возобновляемых источников энергии, которыми располагает Россия. Более 75% этого потенциала приходится на регионы Севера, Дальнего Востока и Сибири, где в наибольшей степени сложились потребности в модернизации автономного энергоснабжения, ввиду недостатка топливно-энергетических ресурсов. В настоящее время энергообеспечение потребителей децентрализованного энергоснабжения северных и дальневосточных регионов осуществляется с помощью дизельных электростанций (ДЭС). В процессе эксплуатации подобных систем энергоснабжения (СЭС) возникает целый ряд проблем, связанных с обеспечением нормального функционирования ДЭС при работе на переменный график нагрузки потребления, а именно: существенное потребление дизельного топлива в ДЭС, что влечет за собой увеличение затрат на доставку горюче-смазочных материалов (ГСМ); проблемы, возникающие при замене ДЭУ или обеспечении запасными частями данных агрегатов, а также социально-экологические проблемы, вызванные негативным влиянием работы данных установок на окружающую среду (шумовое загрязнение, загрязнение продуктами сгорания, протечки ГСМ и т.д.).

В данной работе рассматривается проблема электроснабжения побережья озера Байкал. В большей части населенных пунктов побережья озера в 1950-80-х гг. строились ДЭС, но в связи со сложившейся ситуацией в нефтегазодобывающей отрасли многие дизельные агрегаты встали. Тянуть же ЛЭП в малонаселенные пункты, по гористой местности, а тем более заповеднику не выгодно. Но тем не менее на территории Байкальского заповедника существует множество баз отдыха, а так же строится и развивается туристический бизнес, ведь Байкал по-прежнему остается жемчужиной планеты. Это подталкивает туристические фирмы к развитию экологически чистой энергетики в данном регионе.

#### Средние данные актинометрических наблюдений

Данная местность расположена на 56 градусе северной широты. Время восхода и захода солнца на 15-е число по среднему солнечному времени в часах и минутах приведено в таблице 1, а высота солнца в полдень (Таблица 2).

Для нас наибольший интерес представляет газообразный водород. Газообразный водород можно хранить и перевозить в стальных сосудах под давлением до 20МПа. Такие емкости можно подвозить к месту потребления на автомобилях или железнодорожных платформах.

Обычно объем таких емкостей не превышает 4200м<sup>3</sup>.

Для хранения газообразного водорода при давлении до 100МПа используют сварные сосуды с двух- или многослойными стенками.

Таблица 1. Время восхода (в) и захода (з) солнца.

| Мес. | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| в    | 8.22 | 7.29 | 6.17 | 4.54 | 3.49 | 3.13 | 3.33 | 4.29 | 5.30 | 6.30 | 7.36 | 8.25 |
| з    | 15.6 | 16.6 | 18.1 | 19.1 | 20.1 | 20.5 | 20.4 | 19.4 | 18.2 | 17.1 | 15.5 | 15.2 |

Таблица 2. Высота солнца в полдень на 15-е число месяца

| Мес.  | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Град. | 14,8 | 22,9 | 33,8 | 45,7 | 54,8 | 59,3 | 57,6 | 50,2 | 39,1 | 27,6 | 17,6 | 12,7 |

Таблица 3. Продолжительность солнечного сияния (часы)

| 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11 | 12 | Год  |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|
| 94 | 141 | 219 | 245 | 274 | 270 | 265 | 260 | 214 | 153 | 83 | 59 | 2277 |

Таблица 4. Число дней без солнца

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5   | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Год |
|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|----|----|----|-----|
| 7 | 2 | 2 | 1 | 0,4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3  | 6  | 11 | 40  |

Таблица 5. Интенсивность солнечной радиации ккал/см<sup>2</sup>

| Время  | 1   | 2   | 3   | 4    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|--------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 6-30   | -   | -   | 0,6 | 0,91 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,8 | -   | -   | -   |
| 9-30   | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,44 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 0,9 |
| 12-30  | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 1,35 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 0,6 | -   |
| 15-30  | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 1,35 | 1,4 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 0,6 | -   |
| 18-30  | -   | -   | 0,6 | 0,76 | 0,9 | 0,9 | 0,7 | -   | -   | -   | -   | -   |
| Средн. | 0,5 | 0,6 | 1   | 1,16 | 1,3 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,5 |     |

Основной проблемой при таком способе хранения газообразного водорода является низкий процент массы водорода по сравнению с массой самого баллона. Она составляет всего 2-3% или 1кг водорода на 30-40кг массы баллона. В настоящее время разрабатываются технологии, позволяющие снизить массу баллона до 20кг на 1кг водорода, а в перспективе – до 8-10кг/кг.

Мы предлагаем один из наиболее эффективных способов хранения водорода (рис.2), это его закачка в резервуар, погруженный на глубину 1000м, в сосуд, напоминающий перевернутый стакан, с отсутствующим днищем, чтобы вода могла заполнять пространство сосуда при удалении водорода. Тогда на глубине 1000м давление водорода будет равно 10МПа. Такой способ может оказаться не только экономически выгодным, но и наиболее взрыво- и пожаробезопасным.

## Данные о скорости ветра

Таблица 6. Повторяемость скоростей ветра в году

| Градации скоростей | 0-1  | 2-3  | 4-5  | 6-7 | 8-9 | 10-11 | 12-13 | 14-15 | 16-17 | 18-20 | 21-24 | 25-28 | 29-34 | 35-40 |
|--------------------|------|------|------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Повторяемость, %   | 25,2 | 27,1 | 17,0 | 9,2 | 6,1 | 4,8   | 4,8   | 3,4   | 2,2   | 1,8   | 0,8   | 0,4   | 0,2   | 0,1   |

Таблица 7. Средняя месячная и годовая скорость ветра

| Месяцы           | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6 | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | Год |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Средняя скорость | 3,3 | 2,6 | 3,2 | 3,9 | 3,3 | 3 | 2,8 | 3,4 | 4,4 | 4,4 | 5,4 | 6,5 | 3,8 |

Из вышеприведенных данных можно сделать вывод, что побережье Байкала можно снабдить электроэнергией от возобновляемых источников энергии, что послужит не только рекламой новой отрасли, но и подтолкнет к ее развитию в нашем государстве. Но остается еще одна проблема, это аккумулирование этой энергии.

Предлагается один из экологически чистых способов аккумулирования в виде водорода. Но основная сложность заключается в его хранении.

Таблица 8. Сравнительные характеристики способов хранения водорода

| Характеристика     | Газ под давлением 20МПа | Газ под давлением 70МПа | Жидкий водород | Низкотемпературные гидриды | Высокотемпературные гидриды |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------|
| Масса              | Высокая                 | Средняя                 | Средняя        | Очень высокая              | Высокая                     |
| Объем              | Очень высокий           | Средний                 | Средний        | Средний                    | Средний                     |
| Скорость заправки  | Быстрая                 | Быстрая                 | Быстрая        | Медленная                  | Медленная                   |
| Безопасность       | Хорошая                 | Средняя                 | Средняя        | Очень хорошая              | Хорошая                     |
| Циклический ресурс | Очень высокий           | Очень высокий           | Высокий        | Низкий                     | Низкий                      |
| КПД, %             | 80                      | 80                      | 30             | 80-50                      | 65                          |
| Стоимость          | Невысокая               | Высокая                 | Высокая        | Средняя                    | Очень высокая               |

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Ю.М., Яковлев И.В. Свойства, хранение и применение водорода.
2. Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки.
3. Чирков Ю.Г. Занимательно об энергетике.
4. Джон О'М., Бокрис Т.Неджат Везироглу, Дебби Смит. Солнечно-водородная энергия. Сила способная спасти мир.

# ВЕТРОВОДОРОДНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ

А.Н. Дорошин

*Московский Энергетический Институт (Технический Университет)*

Рассматривается автономное питание автоматизированного радиотехнического поста (АРТП) который на входе в Кольский Залив и является четвертым в схеме размещения постов СУДС на берегах Кольского залива и Баренцева моря. В отличие от трех других (Абраш-мыс, Мишукова, Крестовый) АРТП Сеть-Наволоок значительно удален от всех значительных населенных пунктов и централизованной системы электроснабжения Кольского полуострова и не имеет никакой сухопутной транспортной связи с другими населенными пунктами этого региона.

Зима здесь длится практически с сентября по июнь каждого года. Диапазон колебаний температуры в регионе: от  $-40^{\circ}\text{C}$  зимой до  $+30^{\circ}\text{C}$  летом. Воздух здесь постоянно влажный и соленый.

Потребитель первой категории надежности. Напряжение силовой сети – 380 В, остальная сеть – 220 В. Мощность гарантированного электроснабжения составляет 7 кВт. Общая максимальная мощность потребителя энергии в обычных условиях составляет 19,78 кВт, а при наличии обслуживающего временного персонала – 25,78 кВт.

Пост размещен на крупном скалистом берегу с высотой  $70\div 95$  м над уровнем моря в географической точке, которая позволяет иметь наибольший обзор акватории Кольского залива и Баренцева моря и возможности прямой видимости АРТП-3 «Крестовый», расположенный в глубине Кольского залива. Указанное место расположения АРТП Сеть Наволок представляет собой обрывистую скалистую террасу открытую практически всем ветрам в данной точке и, особенно, на Север, Северо-запад, Северо-восток и Юго-восток. С юга и юго-запада указанная терраса несколько затеняется пологими холмами с высотой 120-135 м и выше. Тем самым в указанной точке имеются весьма хорошие условия по использованию ВЭУ.

Стоимость топлива для ДЭУ может достигать 11\$/литр при доставке его снегоходом или вертолетом. Ввиду отсутствия оборудованных причалов в непосредственной близости АРТП сеть Наволок стоимость доставки топлива морем не будет резко (в разы) отличаться от стоимости доставки топлива наземным или воздушным транспортом.

За рассматриваемый период наблюдений (1 год) преобладают скорости, находящиеся в диапазоне от 4 м/с до 9 м/с (порядка полугода). В тоже время не рабочий период скоростей ветра (менее 2 м/с) за расчетный год составляет около 1%, причем штилевых часов при которых скорость ветра равна 0 м/с практически нет.

Годовой разрез скорости ветра на мысе Сеть Наволок характеризуется мощными ветрами в зимний период с сентября по март (более 10 м/с). В целом же среднегодовая скорость равна 9 м/с, что несомненно обуславливает перспективность и экономическую целесообразность

использования энергии ветра в данном районе.

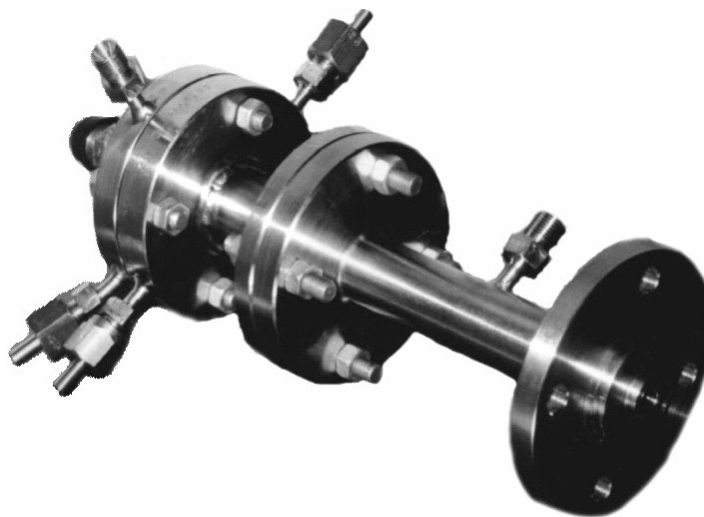


Рис. 1. Внешний вид парогенератора.

Валовой потенциал ветроэнергетики на мысе Сеть Наволок составляет  $8,6 \text{ МВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$  в год (около  $1 \text{ кВт}/\text{м}^2$ ). Полученные результаты свидетельствуют об огромном ветроэнергетическом потенциале рассматриваемого района.

Расчет ветродизельного комплекса без аккумулирования показал что, когда ветер набирает скорость, достаточную, чтобы ветрогенератор работал с номинальной мощностью, в зависимости от установленной мощности может появиться излишек энергии. В момент безветрия включаются ДЭУ, которые потребляют дорогостоящее дизельное топливо. Чтобы сократить долю выработки ДЭУ, излишек мощности вырабатываемой на ВЭУ можно аккумулировать. Была рассмотрена возможность применения водородных технологий в виде электрогенерирующего топливного комплекса (ЭГТК) [1].

ЭГТК представляет собой высокооборотную газопаровую турбину (ВГПТ) (Рисунок 1) с электрогенератором. Малые весовые и габаритные характеристики обеспечиваются высокой частотой вращения и безредукторным соединением турбины и генератора, а также использованием целого ряда новых технических решений. Избыточная во время провалов в потреблении электроэнергии от установки с возобновляемым источником энергии поступает к электролизеру, в котором генерируется водород и кислород. Далее эти газы разделяются и поступают в накопители. Во время пика потребления электроэнергии из накопителей  $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$  подаются в водородный парогенератор, далее перегретый водяной пар поступает в газопаровую турбину с электрогенератором, конденсатор и через насос возвращается в электролизер. Мощность ВГПТ может изменяться до 150 кВт в одном корпусе в зависимости от расхода и парциальности подвода пара в рабочее колесо. Частота оборотов турбины 24000 об/мин, температура пара – до 1300 град. С, давление до 4 МПа. Внутренний относительный к.п.д. проточной части турбины достигает 80%.

Система работает следующим образом (рис. 2): Энергия, вырабатываемая на ВЭУ, через инвертор заряжает АБ. АБ подключена через инвертор к электрической сети потребителей, а

также к устройству контролирующему заряд (УКЗ) на АБ. Когда ВЭУ производят избыточное количество энергии, то УКЗ посылает сигнал на включение электролизера. В случае недостаточной выработки ВЭУ электроэнергии, УКЗ дает сигнал на включение ЭГТК работающим на водороде. Когда водород заканчивается, АБ разряжается до уровня, при котором УКЗ включает ДЭУ, что обеспечивает непрерывное питание потребителей электроэнергии во время безветрия.

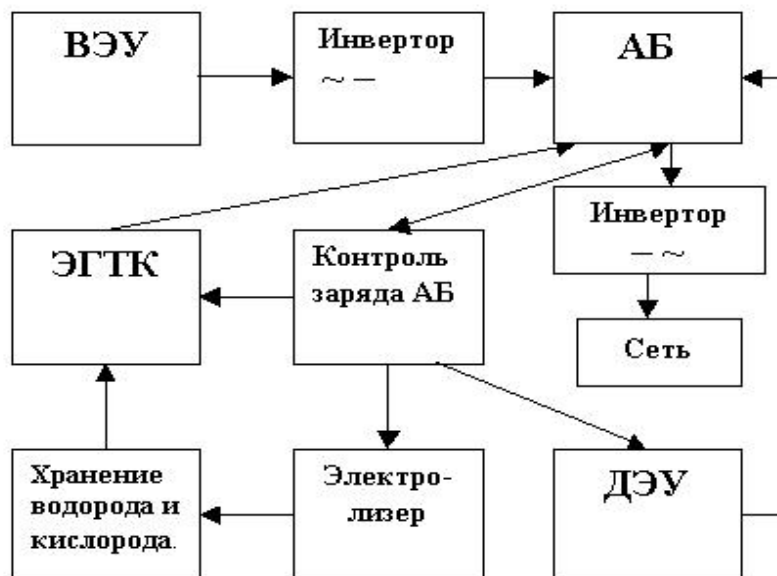


Рис. 2. Схема работы энергетической системы совместной работы ВЭУ и ЭГТК.

В работе исследовался энергетический комплекс на базе ВЭУ. Так как расчетная точка находится в северном регионе, то справедливо будет сказать, что основной целью создания энергокомплекса является экономия топлива. Об экономии топлива можно судить по выработке дизельной электростанции (они как правило используются для энергоснабжения удаленных локальных энергосистем). Были рассмотрены ветроустановки Бриз-5000, Радуга-008, ВЭУ 30 [2]. Результаты расчетов приведенные в таблице 1 (Установка Бриз-5000) показали, что использование энергии ветра позволяет существенно экономить дизельное топливо. При использовании установленной мощности ВЭУ более 25 кВт, становится целесообразным использовать ЭГТК на водороде. При установленной мощности ВЭУ порядка 40 кВт, выработка ДЭУ может сократиться с 130684,9 кВт\*час до 0. Однако повышенное требование к надежности снабжения потребителя предполагает установку дублирующей мощности, что не позволяет исключить ДЭУ из энергосистемы потребителя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Труды Международного симпозиума по водородной энергетике. М.: Изд-во МЭИ, 2005.
2. Энергетическое оборудование для использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии / Под ред. В.И. Виссарионова. М.: Изд-во МЭИ, 2004.



# ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ТРЁХКОМПОНЕНТНЫХ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ СМЕСЕЙ

С.А. Запуниди

*Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*

Повсеместное распространение кремниевых солнечных элементов сдерживает их высокая стоимость. Стоимость же органических солнечных элементов может быть существенно ниже, так как их технология не требует использования вакуумных технологий и высоких температур. Однако органические элементы пока еще имеют ряд существенных недостатков, таких как низкая стабильность [1] и невысокий КПД, не превышающий 5%. Данная работа предлагает один из возможных подходов к решению последней проблемы.

Наибольшая эффективность фотоэлектрического преобразования солнечного света достигнута в донорно-акцепторной композиции на основе растворимых производных сопряженных полимеров (PPV, PT) и фуллерена C<sub>60</sub> [2]. Однако спектр ее поглощения плохо соответствует спектру излучения Солнца, что позволяет использовать лишь незначительную часть солнечного света. Недавно был предложен способ подстройки спектра поглощения донорно-акцепторной композиции [3], использующий свойства межмолекулярного донорно-акцепторного комплекса с переносом заряда (КПЗ) в основном состоянии композиции. Образование комплекса приводит к смещению и расширению спектра поглощения в красную область, где сосредоточена основная часть энергии света Солнца (рис 1). Однако подвижность носителей тока в исследованных КПЗ существенно меньше, чем в смесях, использующих фуллерен, и недостаточна для эффективной работы солнечной батареи.

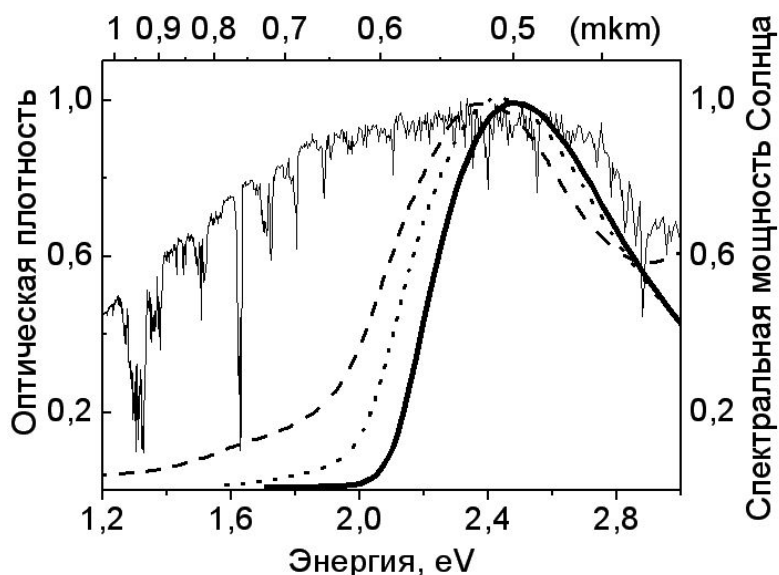


Рис 1. Нормированная спектральная плотность мощности солнечного излучения на поверхности Земли усреднённая за день (тонкая сплошная линия) и оптические плотности чистого полимера (толстая сплошная линия) и его донорно-акцепторных композиций, образующих КПЗ (точками отмечена оптическая плотность для композиции МЕН-PPV+ДНАХ, пунктиром – для композиции МЕН-PPV+ТНФ).

В настоящей работе предлагается способ сочетания высокой подвижности фуллерена и расширенного спектра поглощения КПЗ. Для этого использовались два акцептора в донорно-акцепторной композиции на основе поли [2-метил-5-(2'-этил-гексилокси)-пара-фенилен-винилена] (МЕГ-ПФВ). В качестве акцепторов, обеспечивающих электронную проводимость, нами исследовались два типа фуллерена: C60 и его растворимая форма – РСВМ. В качестве акцепторов, образующих КПЗ с МЕГ-ПФВ мы использовали: динитроантрахинон (ДНАХ) и тринитрофлуоренон (ТНФ).

Для создания эффективной солнечной батареи необходима следующая цепочка процессов: поглощение света, диссоциация фотовозбуждённого экситона, транспорт зарядов до контактов солнечной батареи. В смеси полимера с комплексообразующим акцептором, т.е. с ТНФ и ДНАХ, поглощённый квант света приводит к появлению разделённых зарядов в КПЗ или к образованию экситона на цепи полимера, который за счет диффузии может попасть на КПЗ и тоже диссоциировать на пару разделённых зарядов. В рассматриваемых трёхкомпонентных смесях существует возможность передачи электрона от КПЗ на второй акцептор, т.е. фуллерен. Для этого необходима такая конфигурация энергетических уровней, при которой энергия электрона на LUMO уровне фуллерена будет меньше, чем на LUMO уровне КПЗ (рис 2). В случае с ДНАХ это правило соблюдается, в то время как LUMO уровень КПЗ с ТНФ лежит ниже LUMO уровня фуллерена.

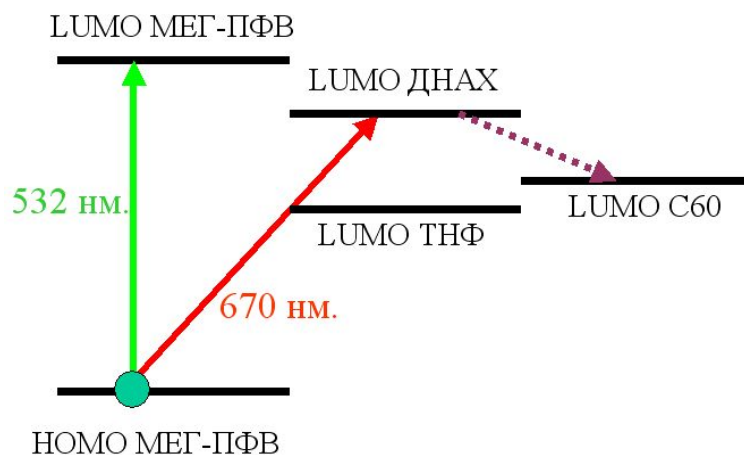


Рис. 2. Схема расположения энергетических уровней МЕГ-ПФВ, ТНФ, ДНАХ и C60.

Для детектирования долгоживущих разделённых зарядов в донорно-акцепторной композиции использовалась спектроскопия фотоиндуцированного поглощения (ФИП). Нами измерялись спектры ФИП в ИК-диапазоне (800-1900 нм) при лазерной накачке с длиной волны 670 нм, обеспечивающей поглощение света только в КПЗ. Таким образом, прямой передачи электрона от полимера к фуллерену происходить не могло. Сигнал ФИП наблюдался в системах МЕГ-ПФВ+ДНАХ+C60 и МЕГ-ПФВ+ДНАХ+РСВМ и отсутствовал в двухкомпонентной системе без ДНАХ, что означает наличие канала передачи электрона от КПЗ с ДНАХ к фуллерену. В трёхкомпонентной смеси МЕГ-ПФВ+ТНФ+C60 при облучении лазером с длиной волны 670 нм сигнал ФИП не наблюдался, как и предполагалось.

Наличие передачи электрона от КПЗ к фуллерену означает, что существует

возможность использовать фуллерен в качестве одного из лучших транспортов заряда, в то же время сохраняя расширенный спектр поглощения КПЗ. Подбирая другие комплексообразующие акцепторы можно получать требуемый спектр поглощения, а добавляя акцептор, обеспечивающий подвижность электрона, можно бороться с низкой подвижностью заряда. При этом необходимо соблюдать последовательность LUMO уровней, позволяющую передачу электрона от КПЗ к добавочному акцептору.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. C.Brabec, N.Saritciftci, J.Hummelen, "Plastic solar cells", *Adv. Func. Mat.*, 11 (2001), 15
2. Wanli Ma. et al. *Adv. Funct. Mater.* 15,1617 (2005)
3. Bakulin A.A. et al. *Synth. Met.* 147,221 (2004).

### СОЗДАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ МОЩНОСТЬЮ 1,3 КВТ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Д.Ф. Кадырова

*Московский энергетический институт (Технический Университет),*

Освоение экологически чистых возобновляемых источников энергии, среди которых энергия солнечного излучения занимает лидирующее положение, является стратегической проблемой, определяющей перспективы устойчивого мирового развития в условиях постепенного истощения запасов ископаемого органического топлива и возникающих угроз все большего антропогенного загрязнения окружающей среды. Солнечное излучение с термодинамической точки зрения является высококачественным первичным источником энергии, допускающим принципиальную возможность ее преобразования в другие виды энергии (электроэнергия, тепло и др.) с высоким КПД. Солнечная энергия повсеместно доступна.

Солнечный элемент состоит из тонкого слоя полупроводникового материала, обычно кремния. В некоторых солнечных элементах применяют другой полупроводник – арсенид гелия. Они менее эффективны, чем кремниевые, но могут работать при более высоких температурах, благодаря чему их можно применять на спутниках, подвергающихся мощному воздействию лучей Солнца в космосе.

Проблемы суточного и сезонного аккумулирования, возможно, будут решены с помощью солнечно-водородной энергетики.

ОАО «ГМК «Норильский никель» и Российская академия наук заключили генеральное соглашение о сотрудничестве в области водородной энергетики и топливных элементов. Основной целью сотрудничества является разработка, финансирование и реализация приоритетных высокотехнологичных проектов, создание конкурентоспособного импортозамещающего оборудования и материалов в области водородной энергетики и топливных элементов.

Для получения водорода из воды пригоден в принципе любой метод, позволяющий с помощью внешней энергии разорвать валентную связь  $H-O-H$ . Производство водорода

электролизом воды на основе современных технологий оценивается по затратам от 10 до 20 долл. за ГДж. В промышленных и опытно-промышленных установках реализован КПД электролизера  $\sim 70-80\%$  при плотностях тока менее  $1 \text{ А/см}^2$ , в том числе для электролиза под давлением. Японские исследователи разработали экспериментальные мембранно-электродные блоки с твердополимерным электролитом, обеспечивающие электролиз воды с КПД (по электричеству)  $> 90\%$  при плотностях тока  $3 \text{ А/см}^2$ .

ЗАО ТПО «Уралпромоборудование» сегодня также наладило крупное производство оборудования для получения водорода. ТПО «Уралпромоборудование» поставляет продукцию предприятий Уральского региона, производящих оборудование и запасные части для любых отраслей промышленности: химической, газовой, энергетической, нефтеперерабатывающей, пищевой и др. Стоит отметить в первую очередь заинтересованность различных предприятий в использовании водорода, как топлива. Существует множество отечественных и импортных электролизеров, что все более подводит человечество к использованию этого перспективного вида топлива. Важным моментом является отсутствие отрицательного воздействия на природу, так как при использовании водорода не образуются парниковые газы и не нарушается круговорот воды в природе.

#### *Расчетная часть.*

Постановка задачи: выбор элементов экспериментальной установки, состоящей из СМ  $N^{\text{уст}}=1,3\text{кВт}$  и электролизера.

В данном расчете мы рассчитали приход солнечной радиации на наклонную площадку и выбрали оптимальный угол наклона приемной площадки. Устанавливая постоянный угол наклона приемной площадки в течении каждого месяца и оптимизируя его, получаем прирост энергии, по сравнению с горизонтальным расположением приемной площадки. В работе выбрали каркасный СМ фирмы «Солнечный ветер» типа MSW-100(12/24).

В качестве исходных данных использовали приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность. Район рассмотрения – город Москва.

Таблица 1. Среднегодовое суточные, месячные и годовые суммы суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность,  $\text{кВтч/м}^2$ .

| Москва                        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | год  |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\Theta_{\text{г, мес, год}}$ | 18   | 37   | 78   | 112  | 156  | 173  | 163  | 131  | 82   | 40   | 17   | 11   | 1023 |
| $\Theta_{\text{г, сут, мес}}$ | 0,60 | 1,35 | 2,53 | 3,75 | 5,06 | 5,78 | 5,26 | 4,25 | 2,74 | 1,30 | 0,58 | 0,36 | 33,6 |

Зная, что КПД СМ 12% можем рассчитать получаемую в процессе преобразования мощность на выходе:  $N_{\text{уст}}=100*13 \text{ Вт}=1300\text{Вт}$

Зная что площадь СМ  $F=1,306*0,666=0,87\text{м}^2$ ,

и количество СМ -13,получаем общую площадь:

$$F_{\text{св}}=0,87*13=11,31 \text{ м}^2$$

Тогда вся энергия, приходящая на нашу СУ

$$\mathcal{E}_{\text{сут}}^{\text{общ}} = F_{\text{cy}} * \mathcal{E}_{\text{сут}}^{\beta}$$

Зная КПД 12%, получим количество энергии:

$$\mathcal{E}_{\text{исп}}^{\text{сут}} = \mathcal{E}_{\text{сут}}^{\text{общ}} * 0,12$$

Используя установку, разработанную в данной работе, пиковая мощность которой на выходе 1,3 кВт, используем электролизер, разработанный по индивидуальному заказу, выработка которого аналогична уже существующему электролизеру СЭУ-4 и считаем вырабатываемое количество водорода.

Зная, что производительность электролизера СЭУ-4 по водороду 4 нм<sup>3</sup>/ч при мощности электролизера 23кВт, можем рассчитать получение водорода с помощью нашей солнечной установки. Так как мы ранее рассчитали энергию, получаемую за сутки, можем узнать мощность, затем с помощью пропорции по известным значениям получаем объем водорода, вырабатываемого в час. Умножив это значение на число часов работы в сутках, получим объем водорода, получаемого нами за сутки.

Полученный водород будем накапливать в баллонах. Так как мы получаем на выходе относительно небольшое количество водорода при нормальных условиях, а храним в баках под давлением, то нам потребуется небольшие емкости. В малых количествах водород может храниться и транспортироваться в стандартных баллонах под давлением до 20МПа. Этот способ хорошо освоен и давно применяется.

Одним из недостатков использования солнца является его большая изменчивость во времени. Поиск технических решений, которые позволили бы компенсировать этот недостаток - задача номер один гелиоэнергетики.

Таблица 2. Расчет водорода.

| V                   | V                     | $\mathcal{E}_{\text{сут}}^{\beta}$ | $\mathcal{E}_{\text{мес}}^{\beta}$ | $\beta_{\text{опт}}^{\circ}$ | мес  | $\Delta t$<br>сияния |
|---------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------|----------------------|
| нм <sup>3</sup> сут | нм <sup>3</sup> в мес | кВтч/м <sup>2</sup> сут            | кВтч/м <sup>2</sup> мес            |                              | о.е. | ч                    |
| 0,3113              | 9,6512                | 1,319                              | 40,89                              | 78                           | 1    | 8                    |
| 0,5729              | 16,0400               | 2,427                              | 68                                 | 72                           | 2    | 10                   |
| 0,8103              | 25,1195               | 3,433                              | 106,4                              | 54                           | 3    | 12                   |
| 0,9859              | 29,5775               | 4,177                              | 125,3                              | 31                           | 4    | 14                   |
| 1,2260              | 38,0049               | 5,194                              | 161                                | 17                           | 5    | 16                   |
| 1,3695              | 41,0842               | 5,802                              | 174,1                              | 6                            | 6    | 18                   |
| 1,2552              | 38,9122               | 5,318                              | 164,9                              | 11                           | 7    | 18                   |
| 1,0714              | 33,2122               | 4,539                              | 140,7                              | 25                           | 8    | 16                   |
| 0,7928              | 23,7852               | 3,359                              | 100,8                              | 41                           | 9    | 14                   |
| 0,4718              | 14,6268               | 1,999                              | 62                                 | 57                           | 10   | 10                   |
| 0,2783              | 8,3486                | 1,179                              | 35,4                               | 70                           | 11   | 8                    |
| 0,1761              | 5,4585                | 0,746                              | 23,13                              | 76                           | 12   | 8                    |
|                     |                       | 39,492                             | 1202,62                            |                              |      |                      |

Одним из способов решения этой проблемы является водородное аккумулирование избытка энергии солнца в солнечные периоды времени и ее выдачу в периоды пасмурной погоды.

С помощью нашей экспериментальной установки, мы еще раз доказали, что в условиях Москвы, чтобы получить большое количество энергии, необходимы огромные площади солнечных коллекторов, чем в более солнечных районах. Таким образом, в работе поставленная перед нами задача выполнена. Мы выбрали солнечную установку с  $N_{уст}=1300\text{Вт}$ , состоящую из каркасных солнечных модулей фирмы «Солнечный ветер» типа MSW-100(12/24). Рассчитали приход солнечной радиации на ее поверхность. Рассмотрели наиболее выгодную ориентацию приемной площадки в течении каждого месяца. Выбрали электролизер СЭУ-4 производства ОАО «Уралхиммаш». Рассчитали получаемое с его помощью количество водорода.

## ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ» В ВОРОНЕЖСКОМ ГОСУНИВЕРСИТЕТЕ

О.А. Козадеров, Н.В. Соцкая

*Воронежский государственный университет*

Курс «Экологически чистые источники энергии» читается студентам химического факультета Воронежского госуниверситета (ВГУ), специализирующимся по направлению «Охрана окружающей среды и химическая экспертиза». Целью изучения дисциплины является ознакомление студентов с современными направлениями развития экологически чистых источников энергии и новыми методами ее преобразования и аккумулирования. Лекционно-семинарская форма проведения занятий позволяет студентам узнать о современных тенденциях развития энергетики, физико-химических и экологических аспектах основах использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Курс направлен на реализацию образовательной составляющей приоритетного направления «Энергетика и энергосбережение» развития науки, технологий и техники в Российской Федерации. В связи с этим при чтении курса особое внимание уделяется вопросам, связанным с развитием и современным состоянием технологий водородной энергетики, новых и возобновляемых источников энергии, производства топлив и энергии из органического сырья, а также нанотехнологий и наноматериалов. Этому способствуют высокий уровень научных исследований кафедры физической химии ВГУ в области электрокатализа и электроокисления органических соединений, а также анодного селективного растворения многокомпонентных металлических фаз и реакции катодного выделения водорода [1-3].

Практика преподавания курса «Экологически чистые источники энергии» в ВГУ показывает, что одной из основных проблем, с которыми сталкивается студент при изучении дисциплины, является нехватка соответствующей учебной литературы. Имеющиеся на

сегодняшний день учебники и монографии не отражают современное состояние альтернативной энергетики. Выходом из сложившейся ситуации представляется, во-первых, анализ и обобщение различных источников (научных статей, материалов конференций и семинаров, собственных научно-технических разработок) с целью издания серии методических пособий по важнейшим разделам курса («Водородная энергетика», «Методы прямого преобразования энергии», «Новые функциональные материалы для энергетики»). Во-вторых, представляется целесообразным активно использовать интернет-ресурсы соответствующего содержания в процессе преподавания и обучения.

Обязательным условием преподавания дисциплины на высоком уровне является организация курсов повышения квалификации преподавателей, участие в работе семинаров и конференций по тематике курса, а также привлечение к преподавательской и консультационной деятельности специалистов-практиков в области нетрадиционных источников энергии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долгих О.В. Каталитическая активность никеля и сплавов на его основе в реакции выделения водорода / О.В. Долгих, Н.В. Соцкая, Д.О. Федянин // Фундаментальные проблемы электрохимической энергетики: материалы VI Международной конференции, 5-9 сент. 2005 г., Саратов. С. 122-125.
2. Morozova N. Catalytic Activity of Ag, Au- and Cu, Au-Alloys in the Reaction of HCHO Electrooxidation in Alkaline Solution / N. Morozova, L. Mihnenko, A. Vvedenskii // The 56th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Busan, Korea, Sept. 25-30, 2005 : book of Abstracts. P. 1036.
3. Зиновьева В.А. Hydrogen Evolution Reaction on Au, Cu and Homogeneous Cu, Au-alloys / В.А. Зиновьева, А.В. Введенский, Н.Б. Морозова // International Workshop on Electrochemistry of Electroactive Materials, Repino, Saint-Petersburg Region, Russia, 24-29 June 2006: book of Abstracts. P. 100.

#### СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОСКИХ И ВАКУУМИРОВАННЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ НАГРЕВА ВОДЫ.

Ю.Г. Коломиец, О.С. Попель, С.Е. Фрид

*Институт высоких температур РАН, г. Москва*

Простейшим и наиболее дешевым способом использования солнечной энергии является нагрев бытовой воды в так называемых плоских солнечных коллекторах. Технологии эффективного нагрева воды для бытовых целей солнечным излучением достаточно хорошо отработаны и широко доступны на рынке. Принципиальная схема солнечной водонагревательной установки (СВУ) представлена на рис. 1.

Солнечный коллектор (СК) является главным элементом СВУ. Сегодня на рынке наряду с

СВУ на основе традиционных плоских СК все шире предлагаются СВУ с вакуумированными трубчатыми СК в основном китайских и европейских производителей. В отличие от плоских, вакуумированные СК вследствие применения вакуумной теплоизоляции характеризуются существенно более низкими удельными тепловыми потерями. С другой стороны, их оптический КПД несколько уступает плоским СК. Стоимость представленных на рынке вакуумированных СК пока существенно (иногда в несколько раз) превышает стоимость плоских СК одинаковой габаритной площади.

Целью настоящей работы является проведение сравнительного анализа эффективности солнечных водонагревательных установок с этими двумя типами коллекторов. Объектом исследования являлась простейшая «типичная» СВУ [1] с объемом идеально теплоизолированного бака-аккумулятора 100 л. Площадь СК, подключенных к баку, варьировалась от 1 до 4 м<sup>2</sup>. СК имеют южную ориентацию и угол наклона к горизонту равный широте местности.

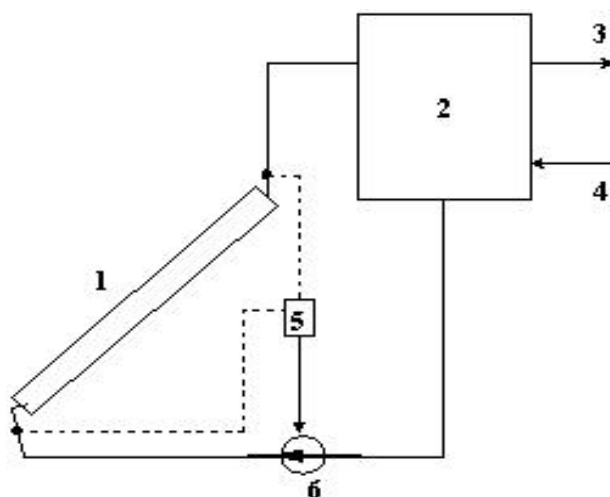


Рис. 1. Принципиальная схема солнечной водонагревательной установки. 1 – солнечный коллектор; 2 – бак-аккумулятор; 3 – вывод горячей воды к потребителю; 4 – ввод холодной воды; 5 – блок автоматики; 6 – циркуляционный насос.

Анализ выполнен на основе отработанных в ИВТ РАН процедур моделирования солнечных водонагревателей в реальных климатических условиях [1] с применением программы динамического моделирования TRNSYS [4], обеспечивающей, в частности, генерацию актинометрических и метеорологических данных в формате так называемого типичного метеогода (ТМГ) по известным среднемесячным значениям. Моделирование работы СВУ проведено для климатических условий более, чем 1000 пунктов, расположенных в различных регионах мира.

Рис. 2а соответствует одинаковой апертурной площади СК, равной 1.78 м<sup>2</sup> (что соответствует площади плоского СК 2 м<sup>2</sup>), а рис. 2б – одинаковой габаритной площади 2 м<sup>2</sup> тех же СК. Если для плоских СК отличие апертурной площади от габаритной весьма мало (9%), то для вакуумированных СК различие между ними может быть весьма



существенным (для выбранного СК габаритная площадь в 1,24 раза больше апертурной). Это обстоятельство может быть принципиально важным, поскольку, во-первых, цена СК устанавливается, как правило, пропорционально их габаритной площади, а во-вторых, для потребителя СВУ часто бывает важно знать, какую суммарную площадь (скажем, на крыше дома) займут приобретаемые СК.

Параметры теплотехнического совершенства сравниваемых представителей плоских и вакуумированных СК выбирались с использованием базы данных сертификационных испытаний СК различных производителей Института солнечных технологий (Institut für Solartechnik, SPF, Швейцария) [3], где за последние годы были испытаны свыше 200 СК. Из них плоских СК с остеклением 167, вакуумированных – 20.

Детальный сравнительный анализ характеристик плоских СК опубликован авторами в работе [2], где в частности было показано, что параметры теплотехнического совершенства плоских СК практически достигли предельного уровня и имеют относительно небольшой разброс для разных производителей. Это позволяет выбрать «типичный» плоский СК с оптическим КПД  $F'(\tau\alpha) = 0,79$  и обобщенным коэффициентом тепловых потерь  $F'U_L = 4,0$  Вт/м<sup>2</sup>К.

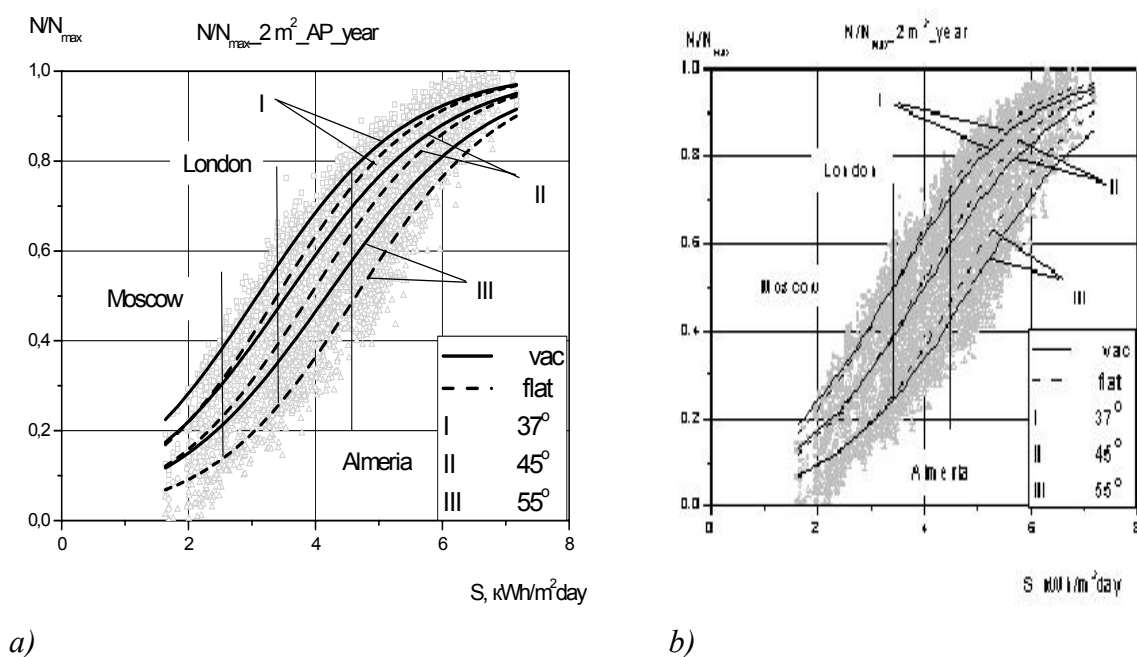


Рис.2. Сравнение показателей СВУ с типичными плоскими и вакуумированными СК.

Вакуумированные трубчатые СК пока находятся в стадии поиска и отработки оптимальной конструкции, поэтому выбор среди них «типичного» представителя несколько затруднен. Вместе с тем, статистическая обработка результатов испытаний 20 различных конструкций вакуумированных СК позволила обосновать выбор в качестве «типичного» СК «Mazdon 30 – ТМА-600S», выпускаемого компанией Thermomax Ltd. Для него  $F'(\tau\alpha) = 0,76$  и  $F'U_L = 1,4$  Вт/м<sup>2</sup>К.

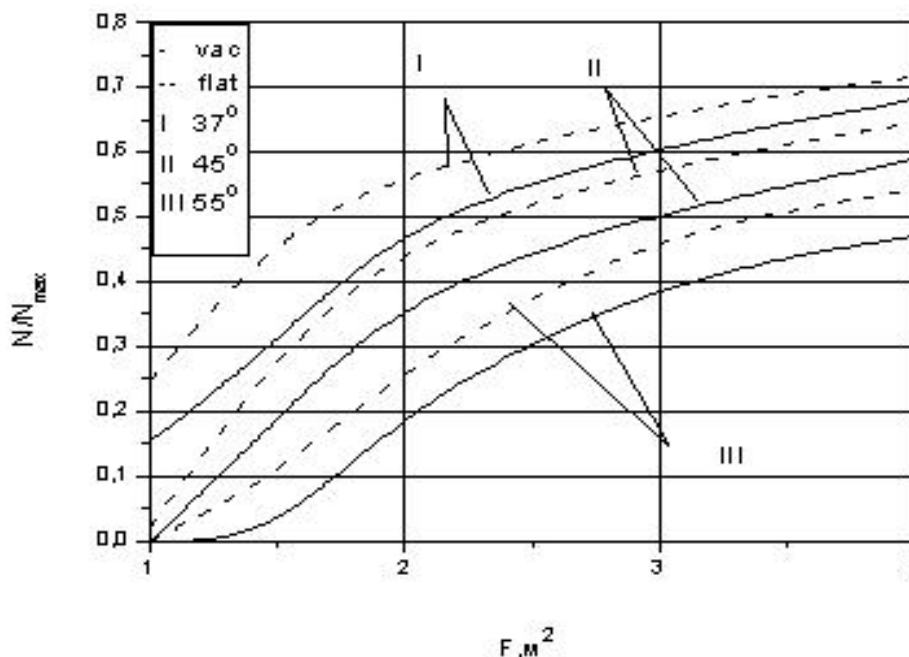


Рис. 3. Сравнение показателей СВУ с типичными плоскими и вакуумированными СК одинаковой габаритной площади.

Целевой функцией моделирования СВУ двух типов было определение количества дней в каждом месяце, квартале, полугодии и в году, в которые вода в баке-аккумуляторе типичной СВУ нагревается не ниже контрольных уровней температур (37,45,55°C), а также долей покрытия нагрузки горячего водоснабжения за счет солнечной энергии в указанные периоды [1].

На рис. 2 представлены характерные зависимости относительного числа дней в году (отнесенного к числу календарных дней в году 365), в которые вода в баке СВУ нагревается не ниже, чем до 37,45 и 55°C при использовании плоских и вакуумированных СК от среднегодовой дневной суммы солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность. Массив расчетных точек соответствует различным температурным уровням нагрева воды и рассмотренным географическим пунктам, среди которых выделены Москва, Лондон и Альмерия (Испания) с характерными для них поступлениями солнечной радиации. Сплошные линии – результат аппроксимации расчетных данных для вакуумированных СК, пунктирные – для плоских СК.

#### Выводы.

1. Применение вакуумированных солнечных коллекторов в солнечных водонагревательных установках, нагревающих воду для бытовых целей (до 55–60°C), не обеспечивает каких-либо преимуществ перед плоскими солнечными коллекторами. Более того, в большинстве климатических условий по энергетическим соображениям использование плоских СК одинаковой с вакуумированными СК габаритной площади оказывается предпочтительным.

Энергетические преимущества использования вакуумированных СК начинают проявляться при высоких температурах нагрева теплоносителя (более 80°C), что обусловлено их существенно более низкими удельными тепловыми потерями по сравнению с плоскими

СК. Вместе с тем при принятии решения об их применении требуется принимать во внимание стоимостные показатели.

*Работа выполнена при поддержке Фонда содействия отечественной науки.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г. Методика оценки показателей эффективности использования солнечных водонагревательных установок в климатических условиях Российской Федерации. ИВТ РАН, ЗАО «Современные технологии «Гелион», Из-во МФТИ 2004 г., 30 с.
2. Попель О.С., Фрид С.Е., Щеглов В.Н., Сулейманов М.Ж., Коломиец Ю.Г., Прокопченко И.В. Сравнительный анализ показателей конструкций солнечных коллекторов зарубежного и отечественного производства. Новые технические решения. Теплоэнергетика №3 2006, СС. 11–15.
3. The Transient System Simulation Program // <http://sel.me.wisc.edu/TRNSYS/>

#### ОЦЕНКА РЕСУРСОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ РОССИИ НА ОСНОВЕ БАЗЫ ДАННЫХ NASA

Ю.Г. Коломиец <sup>1</sup>, Е.Н. Терехова <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва*

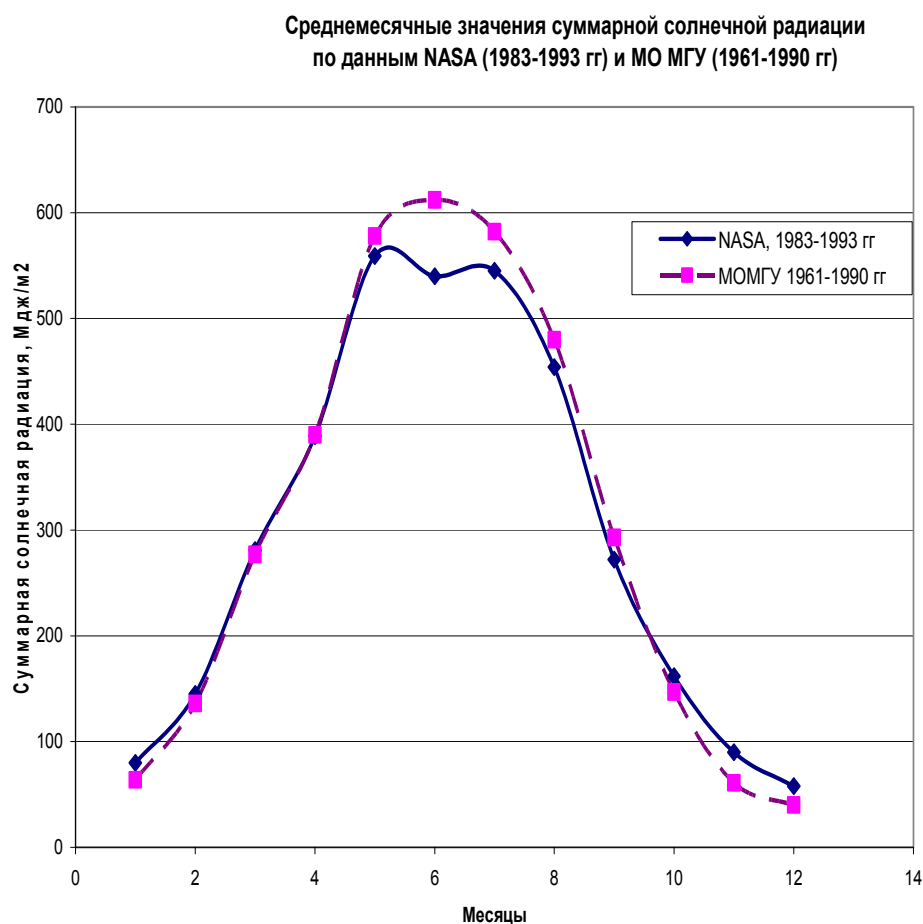
<sup>2</sup> *Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова*

Проведение разработок и исследований в области солнечной энергетики, а также широкое использование существующих устройств и установок нуждаются в проведении детальной оценки *валового* потенциала солнечной энергии, представляющего собой среднесуточную суммарную солнечную энергию, падающую на площадь территории в течение одного года. Иными словами большое значение имеет оценка гелиоресурсов - как суммарных для отдельных территорий, так и для конкретных пунктов.

С климатологической точки зрения исчерпывающее описание радиационного режима регионов России, необходимое для оптимизационных гелиоэнергетических расчетов, сопряжено с большими трудностями. Во-первых, количество актинометрических станций на территории России относительно мало (менее 100). При такой редкой сети станций зона экстраполяции актинометрических данных в пункты размещения гелиоустановок в большинстве случаев превышает зону репрезентативности актинометрических станций. Во-вторых, число измеряемых характеристик солнечной радиации на них ограничено. К ним относятся прямая, рассеянная, суммарная радиация и радиационный баланс (срочные измерения), реже – непрерывная регистрация этих характеристик, особенно прямой радиации, поступающей на перпендикулярную поверхность.

Уточнение оценок потенциала солнечной энергии явилось одной из основных задач, для решения которых была создана база данных **NASA Surface meteorology and Solar Energy (SSE)** [<http://eosweb.larc.nasa.gov/>]. Данные НАСА основаны на непрерывном и

последовательном 10-летнем ряде спутниковых измерений радиационного баланса земной поверхности для ячеек 280x280 км по земному шару в течение периода с июля 1983 по июнь 1993 года (спутниковые наблюдения – World Climate Research Program's International Satellite and Cloud Climatology Program (ISCCP)).



*a*

Использовались также метеорологические данные для того же временного диапазона, полученные с помощью наземной системы наблюдений GEOS-1(Goddard Earth Observation System). По экспериментальным данным о радиационном балансе на основе различных моделей распространения солнечного излучения в атмосфере были рассчитаны значения падающей солнечной радиации на горизонтальную площадку земной поверхности. Методика разрабатывалась с учетом особенностей климатических зон земного шара, в том числе отражения и излучения от земной поверхности (альбедо), состояния облачности, а также с учетом загрязнения атмосферы аэрозолями. Разработка метода определения сумм солнечной радиации осуществлялась с участием следующих организаций:

- The DOE National Renewable Energy Laboratory (NREL)
- The World Radiation Data Center (WRDC) in St. Petersburg, Russia (Главной геофизической обсерватории им. А.И.Воейкова)

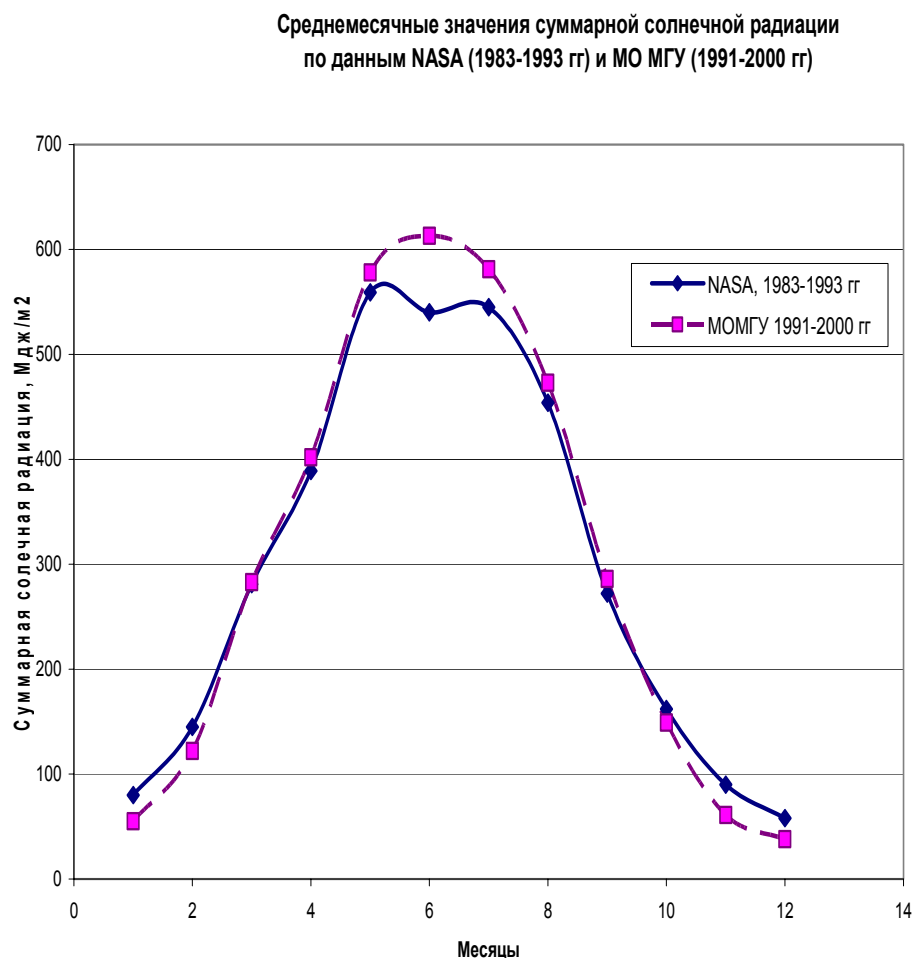
▪ The Swiss Federal Institute of Technology in Zurich (the Global Energy Budget Archive (GEBA))

▪ Natural Resources Canada (RETScreen data base)

▪ The NOAA Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory (CMDL).

Результаты расчетов поверялись по данным наземных измерений.

Для оценки достоверности базы данных NASA авторами было проведено сравнение данных NASA с результатами актинометрических наблюдений метеорологической обсерватория МГУ им. М.В.Ломоносова. Сравнение проводилось по различным периодам осреднения данных МО МГУ: 1961-1990 гг. и 1991-2000 гг. (рис. 1 а,б).



**б**

Рис.1. Результаты сравнения спутниковых измерений NASA и данных наземной актинометрической станции МО МГУ. Период осреднения: **а** - 1983-1993 гг., **б** - 1961-1990 гг.

Как видно из рисунков, принципиальные различия распределения среднемесячных значений суммарной солнечной радиации при периодах осреднения 1961-1990 гг. и 1991-2000 гг. практически отсутствуют. Это подтвердили также построенные графики распределения погрешности (относительного отклонения) среднемесячных значений

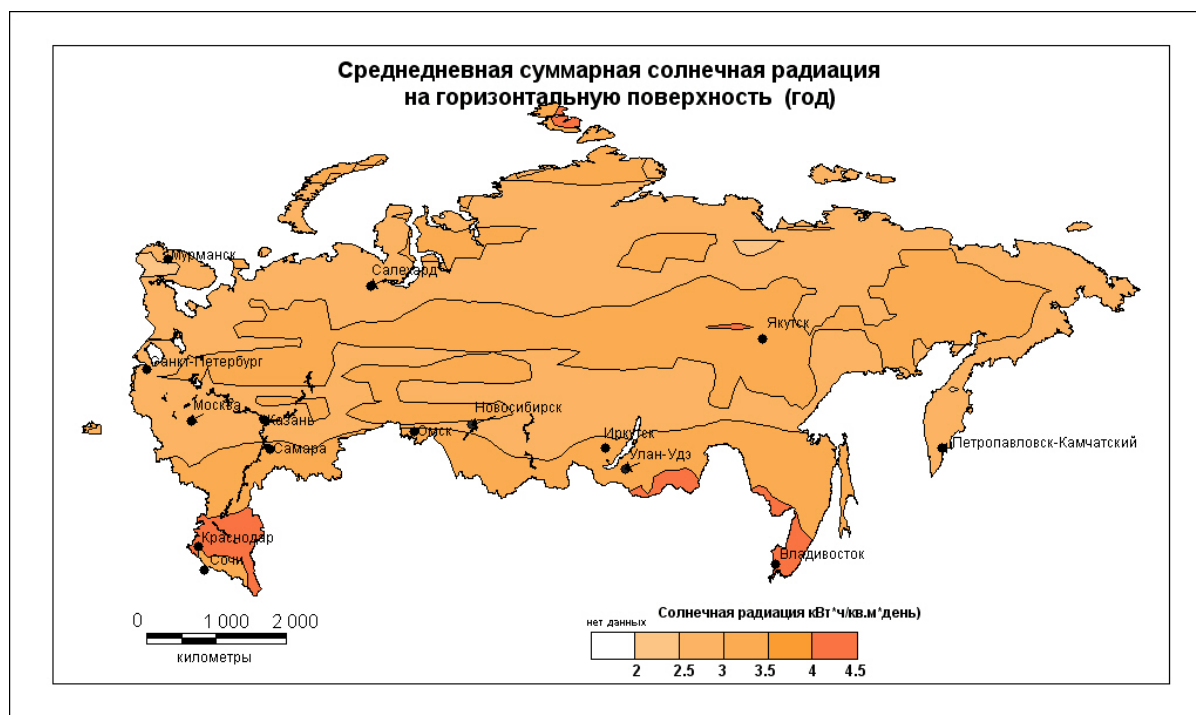
суммарной солнечной радиации, которые практически идентичны для обоих периодов. При этом было показано, что погрешность максимальна (до 35%) в зимние месяцы, а в период март – октябрь практически не превышает 10%. Это указывает на достоверность данных NASA и возможность использования их для гелиоэнергетических оценок.

Таким образом, с одной стороны, в отличие от наземных измерений, данные **NASA Surface meteorology and Solar Energy** непрерывны и содержат результаты многолетних наблюдений за солнечной радиацией и метеорологические данные для сети  $1^\circ \times 1^\circ$ , покрывающей всю поверхность Земли. С другой стороны, SSE-данные не отражают микроклимат отдельных территорий, т.к. значения осредняются в каждой клетке сети; в этом смысле велико значение качественных наземных измерений. Следовательно, ценность базы данных NASA определяется тем, что она позволяет восполнить недостаток наземных измерений и дополнить их там, где они проводятся. Использование SSE-данных позволяет подсчитать потенциал возобновляемой энергетики (солнечной и ветровой энергии) практически для любого региона. Результаты расчётов могут быть достаточными и для подготовительного этапа внедрения новых проектов ВИЭ. Кроме того, данные 10-летних измерений SSE (1983-1993 гг.) позволяет проанализировать динамику актинометрических показателей, получить более подробную статистику (временные распределения, максимумы, минимумы и т.д.). В ряде случаев эти данные являются необходимыми для прогноза эффективности работы установок.

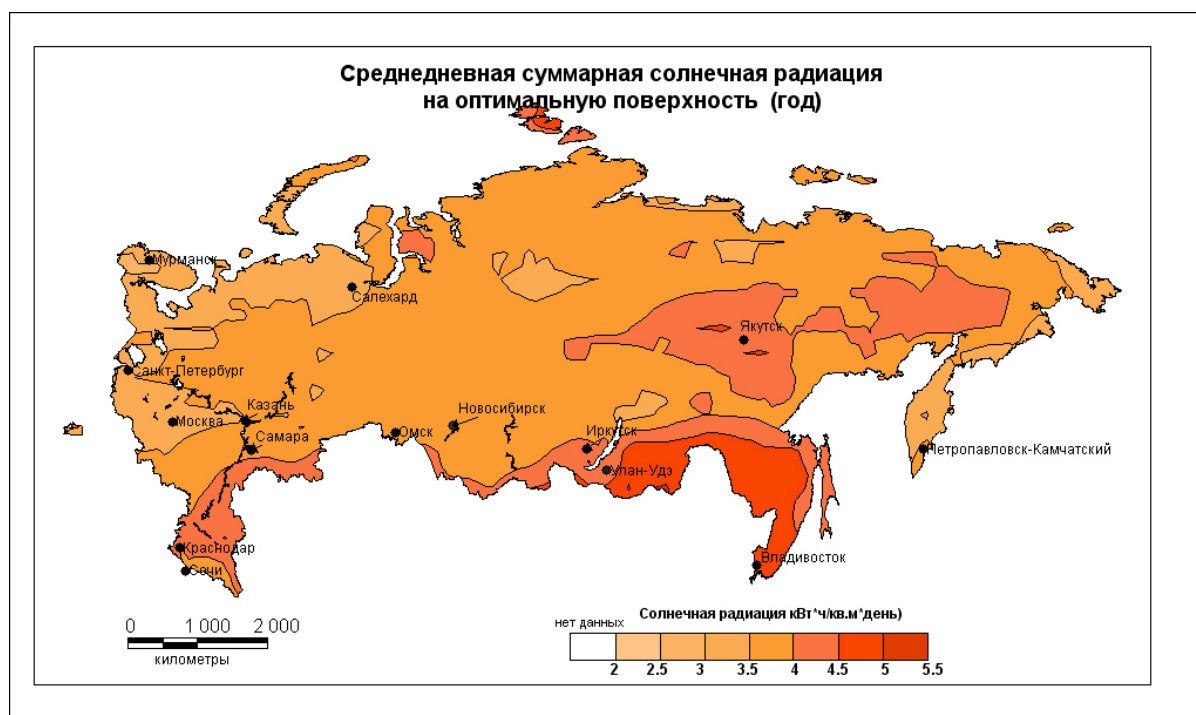
В рамках совместной работы Лаборатории возобновляемых источников энергии и энергосбережения ИВТ РАН и Лаборатории возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова был построен ряд карт распределения солнечной энергии по территории России (рис.2 а,б) и обработан обширный фактический материал, ориентированный на исследования в области солнечной энергетики.

Для подготовки фактического материала использовались данные сайта NASA. Было создано около 4000 файлов формата Excel, содержащих информацию о радиационном режиме в каждой точке территории России (сетка  $1^\circ \times 1^\circ$ ). Для дальнейшей обработки, сортировки и использования в картографических программах полученный массив таблиц необходимо было преобразовать к удобной форме. Для этих целей была создана программа, переводящая файлы формата Excel произвольной формы в файл базы данных Access; написаны SQL-процедуры для выборки данных из упомянутой базы данных согласно различным задаваемым критериям. В результате в настоящее время можно на основе существующей объединенной базы данных, вобравшей в себя весь массив данных NASA, составлять таблицы для дальнейшего картографического представления актинометрических данных по любым периодам осреднения, методам получения данных, углам наклона принимающих поверхностей и т.д. Для картографирования территории России были выбраны данные, полученные методом Retscreen, по среднедневной суммарной солнечной радиации на горизонтальную, вертикальную, оптимальную, ориентированную по широте места  $\varphi$ , по широте ( $\varphi - 15^\circ$ ), по широте ( $\varphi + 15^\circ$ ) поверхности с различными периодами

осреднения, а именно год, лето, тёплые полгода, холодные полгода.



*а*



*б*

Рис.2. Среднедневная суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность– *а*, на оптимальную поверхность – *б* (период осреднения - год).

Для построения карт были использованы следующие программы:

- **Surfer 7.0** – программа, создающая модели рельефа и абстрактных геополей, позволяющая по исходным точкам дискретного характера получать непрерывные

поверхности;

▪ **MapInfo Professional 6.5** - программа по созданию, редактированию и анализу картографической и пространственной информации.

На основе преобразованных (представленных в виде таблиц «широта-долгота- значение среднедневной падающей солнечной радиации») данных NASA на карту наносился массив точек. Далее в графической программе Surfer 7.0 Excel-таблицы использовались для построения изолиний прихода суммарной солнечной радиации с шагом в 0,5 кВт\*ч/(м<sup>2</sup> день), что обусловлено величиной погрешности базы данных NASA.

Готовый файл импортировался в MapInfo, в которой на непрерывную поверхность с уже проведенными изолиниями накладывались границы России и строилась легенда карты.

Оценка достоверности данных NASA и возможности использования их для гелиоэнергетических оценок, а также построенные карты обеспеченности территории России ресурсами солнечной энергии позволили провести расчеты эффективности работы солнечной водонагревательной установки (разработка ИВТ РАН) для Москвы, Краснодара и Салехарда. Были рассчитаны периоды времени, в течение которого в этих регионах гарантированно можно получать на данной установке с площадью солнечного коллектора 2 м<sup>2</sup> горячую воду заданных параметров: в Краснодаре – в течение более 80% летних дней, в Москве - 70% , в Салехарде – около 60%.

*Работа выполнена при поддержке Фонда содействия отечественной науки.*

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ–АЛАНИЯ.

З.А. Кочиева

*Региональная служба по тарифам Республики Северная Осетия-Алания; Горский ГАУ, г. Владикавказ*

При существующем уровне научно – технического прогресса энергопотребление может быть покрыто лишь за счет использования органических топлив, гидроэнергии и атомной энергии. На рубеже 21- го века энергетический баланс мира сложился следующим образом: ископаемые топлива 85%, атомная энергии 6%, возобновляемые источники энергии 8%. Однако, по результатам многочисленных исследований к 2020 г. органическое топливо может удовлетворить запросы мировой энергетики только частично. Остальная часть энергопотребности может быть удовлетворена за счет других источников энергии – нетрадиционных и возобновляемых, в первую очередь: энергии ветра, солнца, водных потоков на суше, геотермальной энергии, энергии биомассы, торфа, энергии морей и океанов.

По имеющимся оценкам технический потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России составляет порядка 4,6 млрд. т.у.т. в год, что превышает современный



уровень энергопотребления в России, составляющий около 1,2 млрд. т.у.т. в год.

Экономический потенциал ВИЭ определен в 270 млрд. т.у.т. в год, что составляет около 25% от годового внутрироссийского потребления. В настоящее время экономическая целесообразность использования ВИЭ увеличилась в связи с подорожанием традиционного топлива [1]. Кроме того, 70 % территории России находится вне централизованной системы энергоснабжения, в связи с чем, использование местных энергоресурсов позволит экономить существенное количество органического топлива. Преимуществом ВИЭ является сам факт их неисчерпаемости, а также, то, что в большинстве случаев при их использовании не оказывается вредное влияние на окружающую среду. Например, при мощности 500 кВт и при 2000 часов в год использования установленной мощности будь то ветроэнергетическая установка (ВЭУ), солнечная фотоэлектрическая установка (ФЭУ), малая ГЭС, вырабатывают 1 млн. кВтч электроэнергии и тем самым предотвращают по сравнению с угольной электростанцией той же мощности эмиссию около 1000 т  $\text{CO}_2$ . Эффективность использования ВИЭ для выработки электроэнергии зависит от величины возобновляемых энергоресурсов в месте использования, первоначальной стоимости энергоустановок, а также объема необходимой энергии. Для сравнения экономической эффективности применения установок, производящих электроэнергию на основе ВИЭ с традиционными способами энергообеспечения приняты следующие значения для условий России: среднесуточная инсоляция равна 3-5 кВтч/м<sup>2</sup>, скорость ветра 5-7 м/с, скорость водотока через микроГЭС – 1,5 м/с [2].

В соответствии с Федеральной целевой программой «Энергоэффективная экономика на 2002-2005 гг. и на перспективу до 2010 г.» финансирование мероприятий по эффективному энергообеспечению регионов на основе использования ВИЭ и местных видов топлива в 2002-2010 гг. составит около 57 млрд. рублей. Перспективы внедрения ВИЭ на территории Российской Федерации окажутся значительно более благоприятными, если, глядя вперед, на государственном уровне будут приняты законы, поддерживающие применение ВИЭ.

В зависимости от природно-климатических условий в разных регионах России могут применяться те или иные виды ВИЭ. Например, наиболее целесообразным следует считать использование ВИЭ в горных районах Южного федерального округа. Наибольшие запасы термальных вод сосредоточены в Республике Дагестан, Республике Северная Осетия-Алания, Чеченской республике, Республике Калмыкия, в Ставропольском и Краснодарском крае, Астраханской, Волгоградской, Ростовской областях. Наиболее целесообразное использование солнечной энергии, энергии рек – в Краснодарском крае, Ставропольском крае, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областях, в Республике Калмыкия, Республике Дагестан, Республике Северная Осетия-Алания, Республике Кабардино-Балкария.

Одним из типичных субъектов Южного федерального округа по природно-географическим свойствам является Республика Северная Осетия–Алания. Ее рельеф чрезвычайно разнообразен. Поверхность республики характеризуют равнины и высокие

горы, обширные предгорья и многочисленные котловины. Из 8,00 тыс. км<sup>2</sup> территории РСО-А 3,88 тыс. км<sup>2</sup> занимают горы. В связи с этим РСО-А располагает большим потенциалом нетрадиционных источников энергии (водные потоки на суше, энергия солнца, ветра, геотермальных вод и биомассы и т.д.)[3].

Наиболее доступным и дешевым источником электрической энергии в условиях РСО-А является гидроэнергетический потенциал. К настоящему времени экономический потенциал республики на действующих гидроэлектростанциях республики освоен в размере 360 млн. кВт/ч или 7%. С вводом в эксплуатацию строящейся Зарамагской ГЭС с выработкой электроэнергии 0,79 млрд. кВт/ч и мощностью 342 тыс. кВт экономический гидроэнергетический потенциал будет освоен на 22,1% (1,14 млрд. кВт/ч). Нетрадиционным решением проблемы энергоснабжения горных районов республики является также строительство малых и сверхмалых ГЭС на реках и ручьях. Они не могут оказать большое влияние на общий энергобаланс территорий, однако их массовое строительство позволит улучшить условия жизни, увеличит отдачу сельскохозяйственных угодий в горной зоне, повысит отдачу от капиталовложений в энергетику. Освоение потенциала малой энергетики предусмотрено по трем направлениям: восстановление ранее построенных ГЭС; пристройка ГЭС к водохозяйственным объектам; строительство новых ГЭС малой мощности.

При определении эффективности строительства новых ГЭС малой мощности рассмотрена возможность строительства ГЭС в 28 створах на следующих реках: Гизельдон, Геналдон, Фиагдон, Суадагдон, Скумидон, Бажигандон, Севердон, Тамискдон, Кутардон, Архондон, Лядон, Закка, Нар, Цеядон, Хазнидон, Лескен, Билягидон, Айгамуга, Караугом, Цраудон, Камбилеевка, Харэс.

Выполненные Гидропроектом проработки показали целесообразность возведения 12 ГЭС малой мощности общей мощностью 33,56 МВт с выработкой электроэнергии 127 млн. кВт. Все площадки предлагаемых гидроузлов имеют подъезды от республиканских асфальтовых дорог - грунтовые дороги, проходящие вдоль рек.

Сооружения МГЭС располагаются вдоль трасс существующих дорог. Они проектируются на реках горного типа с обилием снега в зимний период и относительно большими (от 11 до 66 м<sup>3</sup>/с) весенне-летними паводками.

Следует также отметить, что республика обладает значительными ресурсами биомассы, обладающей энергетическим потенциалом. При переработке различных по образованию органических отходов в биогазовых установках помимо электрической и тепловой энергии, вырабатывается также биогаз, который можно использовать во всех бытовых, газовых приборах и как топливо для автотранспорта. Попутно с выработкой биогаза обеспечивается микробиологическое преобразование отходов в высокоэффективное удобрение[4]. Расчеты показывают, что рациональное использование отходов АПК, переработанных на биоэнергетических комплексах, может обеспечить 30-40%-ную замену химических удобрений органическими при неоспоримом выигрыше в вопросах экологической чистоты окружающей среды.

Основные показатели ГЭС малой мощности, предлагаемых к строительству:

| №<br>п/<br>п | Название ГЭС  | Выработка<br>э/э,<br>млн. кВт/ч | Кап.<br>вложения,<br>тыс. руб. | Ежегод.<br>издержки,<br>тыс. руб. | Доход от<br>реализ. тыс.<br>руб. | Прибыль от<br>реализ. тыс.<br>руб. | Рентабельнос<br>ть, % |
|--------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| 1            | Хазнидонская  | 4,6                             | 6806,26                        | 226,45                            | 219,42                           | 0                                  | 0                     |
| 2            | Архондонская  | 4,7                             | 1893,44                        | 41,85                             | 224,19                           | 182,3                              | 9,63                  |
| 3            | Лядонская     | 4,7                             | 1711,22                        | 48,26                             | 224,19                           | 175,93                             | 10,30                 |
| 4            | Фиагдонская   | 17,1                            | 5745,67                        | 101,65                            | 815,67                           | 714,02                             | 12,40                 |
| 5            | Фаснальская   | 11,3                            | 3011,91                        | 72,61                             | 539,01                           | 466,4                              | 15,45                 |
| 6            | Геналдонская  | 9,6                             | 2469,74                        | 66,32                             | 475,92                           | 931,6                              | 15,86                 |
| 7            | Кутардонская  | 3,0                             | 665,275                        | 18,61                             | 143,1                            | 124,49                             | 18,70                 |
| 8            | Билигидонская | 11,20                           | 1881,5                         | 58,65                             | 534,24                           | 475,59                             | 25,30                 |
| 9            | Даргавская    | 13,0                            | 1946,43                        | 53,30                             | 620,10                           | 566,8                              | 29,12                 |
| 10           | Дигорская     | 7,1                             | 2500,00                        | 95,0                              | 336,67                           | 234,67                             | 9,70                  |
| 11           | Моздокская    | 24,5                            | 11721,73                       | 687,00                            | 1168,65                          | 481,65                             | 4,10                  |
| 12           | Дзуарикауская | 5,6                             | 15090,64                       | 65,035                            | 267,10                           | 202,10                             | 12,70                 |

С вводом указанных ГЭС экономически выгодный потенциал рек будет использован на 60 %.

В соответствии с Федеральной целевой программой «Социально-экономическое развитие Республики Северная Осетия – Алания» до 2010 г. намечено строительство 17 микро ГЭС мощностью 5-500 кВт, предполагается установка 50 ветроэнергетических генераторов, 25 фотоэлектрических установок мощностью 0,02-1 кВт, и установка не менее 300 рукавных микро – ГЭС общей мощностью не менее 800 кВт с выработкой электроэнергии 2,6 млн.кВт /ч [5].

Таким образом, значительный дефицит электрической мощности и электроэнергии, возрастающие трудности ее получения от соседних энергосистем, высокая стоимость покупной электроэнергии при наличии богатых местных источников энергетических ресурсов – все это делает актуальной проблему освоения нетрадиционной электроэнергетики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (курс лекций).
2. Водяников В.Т. Экономическая оценка энергетики АПК.- М.: «ИКФ «ЭКМОС», 2002. – 102-110.
3. Хузмиев И.К. Природные ресурсы Республики Северная Осетия – Алания, Владикавказ: ПроектРпресс, 2001.- С.65.
4. Переверзев И.К.//Ж. Экономика, управление АПК – 2001. №5. - С. 51-54.
5. Доклад Правительства РСО-А «Электроснабжение Республики Северная Осетия-Алания» (официальные данные).

# ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЫЛЕ-УГОЛЬНЫХ ТЭС НА БИОТУ

Я.С. Кривошеин

*Вятский государственный университет, г. Киров*

В результате интенсивного развития промышленности, транспорта и энергетики возрастает антропогенное воздействие на природную среду, что приводит к развитию процессов техногенеза. В соответствии с материалами Международной конвенции об оценке воздействия на окружающую среду, энергетика на ископаемом топливе относится к экологически опасному виду производства.

Основная часть вредных химических веществ попадает на поверхность почвы, при этом газы преимущественно в виде осадков или непосредственно в виде самих газов, а пыль выпадает под действием силы тяжести в виде различных частиц. В зависимости от свойств почвы и характеристик выпадений могут проявляться как положительные, так и отрицательные последствия. Вредные химические вещества могут оказывать непосредственное влияние на биоту, осаждаясь на зелёную массу растений, или косвенно, закисляя почву и меняя её химический состав.

## *Воздействие летучей золы.*

В случае внесения золы ТЭС в почву сельхозугодий наблюдаются симптомы угнетения ячменя и других полевых культур алюминием и марганцем. [3] Растения тем хуже переносят в земле наличие летучей золы, чем восприимчивей они к бору. Высокое содержание мышьяка в золе углей может вызвать отравление рыбы в реках, увеличить содержание этого элемента в почве и серьёзно ухудшить качество сельхозпродукции. Токсичное воздействие тяжёлых металлов на растения в наибольшей степени проявляется на почвах лёгкого механического состава.

Особенностью золы бурого угля является высокое содержание  $\text{CaO}$ , которое достигает 20% (у каменного угля этот показатель составляет менее 5%). В связи с этим выпадение летучей золы этого угля нейтрализует кислотность почвенного раствора, и повышает степень насыщенности почв основаниями. Вместе с тем зола бурого и каменного угля приводит к накоплению в почве алюминия, железа и ряда токсичных микроэлементов, как бор, марганец, мышьяк, кадмий и др.

## *Воздействие двуокиси серы и окислов азота.*

Двуокись серы и окислы азота при взаимодействии с водяными парами облаков и выпадающего дождя образуют кислоты, а затем соли кислот, нередко ещё более токсичные, что приводит к выпадению кислотных дождей. [2] Мировая антропогенная эмиссия серы на начало 80-х годов составляла 100 млн. т в год. В связи с тем, что использование угля для выработки энергии постоянно увеличивается, а стоимость сооружений по улавливанию  $\text{SO}_2$  из отходящих дымовых газов и предварительной десульфуризации топлива очень высока, произошёл дальнейший рост мирового выброса серы до 300 млн. т в год.

Выпадение кислотных дождей оказывает существенное негативное воздействие. В

результате их попадания в почву происходит увеличение кислотности почвенного раствора, образование различных труднорастворимых сульфатов, что сокращает запас элементов питания в почве.

При выпадении кислотных дождей в почве происходят физико-химические изменения. Показатель pH почв для жизнедеятельности большинства растений находится в пределах 5-7. Изменения pH внутри этого диапазона не вызывает заметного снижения плодородности почв. Однако падение pH ниже 5 приводит к значительному изменению свойств почв и прогрессирующему уменьшению их плодородия. В наибольшей степени закислению подвержены почвы, имеющие начальную кислую реакцию. К таким почвам относятся широко распространённые кислые подзолы со значениями pH от 4 до 5.

Закисление почвы снижает скорость разложения органики, поскольку большинство бактерий, грибов и водорослей обитают в нейтральной среде. Это снижает интенсивность круговорота органических веществ в системе «почва-растение». Кроме того, в кислой среде снижается продуктивность азотфиксирующих бактерий. Это приводит к ограничению поступления связанного азота в организм растений и снижению скорости его роста. При повышении кислотности изменяется физическая структура почв – снижается грануляция, почва уплотняется, воздухопроницаемость почвы резко падает, что негативно сказывается на жизнедеятельности корневой системы.

Воздействия кислотных дождей могут проявляться спустя длительное время после прекращения выпадения, а иногда могут возникать необратимые изменения в окружающей природной среде региона.

Таблица 1. Изменения в почве под воздействием кислотных осадков

| Свойства почвы                          | Характер изменений                                                               |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Кисотно-основные                        | Снижение pH                                                                      |
|                                         | Увеличение обменной и гидролитической кислотности                                |
| Катионно-обменные                       | Выщелачивание Ca, Mg, K из ППК                                                   |
|                                         | Снижение степени насыщенности почв основаниями                                   |
| Содержание и качество гумуса            | Снижение скорости деструкции растительных остатков                               |
|                                         | Торможение процессов минерализации гумуса                                        |
| Содержание и подвижность микроэлементов | Мобилизация в почвенный раствор Mn, Zn, Cd, Ni, Pb, Cu при повышении кислотности |
| Микробиоценоз и биохимические процессы  | Снижение общей численности бактерий и актиномицетов                              |
|                                         | Рост численности микроскопических грибов                                         |

### *Воздействие химических токсикантов на растения.*

Различают два типа видимых повреждений растений: острые и хронические. Острое поражение происходит при кратковременном воздействии высокими концентрациями загрязняющих веществ. У растений проявляются некротические или обесцвеченные участки листьев. Хроническое поражение вызывается многократными выбросами загрязнителя и обычно проявляется в виде хлороза.

### *Воздействие двуокиси серы.*

С ростом концентрации  $\text{SO}_2$  нарушается способность растений сохранять и накапливать влагу в клетках, что связано с нарушением клеток эпидермиса и нарушением функционирования устьиц. При поступлении  $\text{SO}_2$  в растения 70%  $\text{SO}_2$  превращается в серную кислоту, а 30% детоксицируется. Будучи ассимиляционным ядом,  $\text{SO}_2$  обладает ярко выраженным фитотоксичным действием. Постоянный выброс больших объёмов  $\text{SO}_2$  в атмосферу приводит иногда к полному уничтожению растительности, окружающей источник выброса. При концентрации  $\text{SO}_2$  в воздухе равной  $70 \text{ мкг/м}^3$  масса образующейся древесины уменьшается примерно на 40% а при концентрации  $180 \text{ мкг/м}^3$  – на 80%. Однако, говоря о загрязнении атмосферного воздуха и почвы, нарушении и даже полном уничтожении естественных фитоценозов под влиянием газопылевых выбросов, следует обратить внимание на то, что зона активного загрязнения может простираться на 5-10 км, а нередко на несколько десятков километров. Для растительности увеличение расстояния от источника в 2 раза, практически пропорционально снижает и последствия.

### *Воздействие окислов азота.*

Оксид азота менее фитотоксичен, чем двуокись азота. В результате действия диоксида азота нарушается фотосинтез и интенсивность клеточного обмена, что приводит к отмиранию части вегетативной массы. Длительное воздействие низких концентраций вызывает общий хлороз более старых листьев.

### *Воздействие пылевидного загрязнения.*

Вблизи электростанций выброс пыли составляет  $40-70 \text{ г/м}^2$ . Однако даже очень небольшое количество пыли может привести к снижению интенсивности роста растений. На первом месте по чувствительности к действию пыли стоят кормовые растения. Для оценки воздействия решающим фактором является не измеряемая в  $\text{г/м}^2$  в месяц пыль, а её количество, оставшееся на растениях к моменту потребления корма. Прилипаемость пыли довольно велика, даже при продолжительных осадках очищение от пыли незначительно. Хотя верхние части листьев становятся чище, пыль концентрируется у основания листа и на трубчатке листа. Это означает, что в пищу животных, пасущихся на лугах, даже после продолжительных дождей вместе с кормом попадает пыль.

### *Пути уменьшения воздействия ТЭС на окружающую среду.*

На российских угольных ТЭС нет действующих систем сероочистки дымовых газов, нет каталитических систем их очистки от  $\text{NO}_x$ . Установленные для золоулавливания электрофильтры недостаточно эффективны; на котлах производительностью до  $640 \text{ т/ч}$

широко используются разные еще менее эффективные циклоны и мокрые аппараты [1].

При нормировании выбросов ТЭС государство ограничивает их уровнем, который не вызывает необратимых изменений окружающей среды или здоровья людей, способных негативно влиять на условия жизни нынешнего и будущих поколений. Определение этого уровня связано со многими неопределенностями и в большой степени зависит от технических и экономических возможностей, т.к. неразумно жесткие требования могут привести к увеличению затрат и ухудшить хозяйственное положение страны.

С развитием технологий и укреплением экономики возможности уменьшения выбросов ТЭС расширяются. Правомерно поэтому говорить (и стремиться!) к минимальному технически и экономически мыслимому воздействию ТЭС на окружающую среду и идти для этого на увеличенные затраты, однако, такие, при которых обеспечивается еще конкурентоспособность ТЭС.

Разумеется, сравнительно недорогие освоенные и эффективные электрические и тканевые фильтры для радикального обеспыливания выбрасываемых в атмосферу дымовых газов нужно использовать прежде всего. Характерные для российской энергетики трудности с электрофильтрами могут быть устранены путем оптимизации их размеров и конструкции, совершенствования систем питания с использованием предварительной ионизации и устройств переменного, прерывистого или импульсного питания и автоматизации управления работой фильтров. Во многих случаях целесообразно снижение температуры поступающих в электрофильтр газов.

Для снижения выбросов в атмосферу оксидов азота используются, прежде всего, технологические мероприятия. Они заключаются в воздействии на процесс горения путем изменений конструкции и режимов работы горелок и топочных устройств и создания условий, при которых образование оксидов азота невелико или невозможно.

В котлах, работающих на канско-ачинских углях для снижения образования оксидов азота целесообразно использовать оправдавший себя принцип низкотемпературного сжигания. При трех ступенях подачи топлива коэффициент избытка воздуха в зоне активного горения составит 1,0 - 1,05. Избыток окислителя в этой зоне при наличии интенсивного массообмена в объеме обеспечит низкий темп шлакования. Чтобы вывод части воздуха из зоны активного горения не увеличивал температуры газов в ее объеме, в факел подают замещающее количество газов рециркуляции. При такой организации горения можно снизить концентрации оксидов азота до 200-250 мг/м<sup>3</sup> на номинальной нагрузке энергоблока.

При использовании на блоках 300-500 МВт каменных кузнецких углей для уменьшения образования NO<sub>x</sub> следует применять малотоксичные горелки и ступенчатое сжигание топлива. Сочетание этих мероприятий способно обеспечить выбросы NO<sub>x</sub><350 мг/м<sup>3</sup>.

Особенно трудно снизить образование NO<sub>x</sub> при сжигании малореакционного топлива (АШ и кузнецкий тощий) в котлах с жидким шлакоудалением. В настоящее время на таких котлах концентрации NO<sub>x</sub>=1200-1500 мг/м<sup>3</sup>. При наличии на электростанциях природного газа в них целесообразно организовывать трехступенчатое сжигание с восстановлением NO<sub>x</sub>

в верхней части топки (ре-бенинг-процесс). Основные горелки при этом эксплуатируются с коэффициентом избытка воздуха  $a_{гор} = 1,0-1,1$ , а природный газ для создания восстановительной зоны подается в топку вместе с сушильным агентом. Такая схема сжигания может обеспечить концентрации  $NO_x$  до  $500-700 \text{ мг/м}^3$ .

Для очистки дымовых газов от оксидов азота применяют химические методы. Промышленно применяются две азотоочистные технологии: селективного некаталитического восстановления (СНКВ) и селективного каталитического восстановления (СКВ) оксидов азота.

При более высокой эффективности СКВ-технологии удельные капитальные затраты в нее на порядок выше, чем в СНКВ. Напротив, расход восстановителя, чаще всего аммиака, при СКВ технологии в 2-3 раза ниже вследствие более высокой селективности использования аммиака по сравнению с СНКВ.

СНКВ-технология, отработанная на котле производительностью 420 т/ч Тольяттинской ТЭЦ, может быть применена при техническом перевооружении угольных электростанций с котлами, работающими с жидким шлакоудалением. Это обеспечит на них уровень выбросов  $NO_x = 300-350 \text{ мг/м}^3$ . В экологически напряженных районах для достижения выбросов  $NO_x$  около  $200 \text{ мг/м}^3$  может быть использована СКВ-технология. Во всех случаях использованию азотоочисток должны предшествовать технологические мероприятия по снижению образования  $NO_x$ .

С помощью освоенных в настоящее время технологий возможна экономически приемлемая очистка продуктов сгорания сернистого топлива с улавливанием 95-97%  $SO_2$ . В качестве сорбента при этом используется обычно природный известняк, побочным продуктом очистки является товарный гипс.

В нашей стране на Дорогобужской ГРЭС была отработана и промышленно эксплуатировалась установка, реализующая аммиачно-сульфатную технологию сероочистки, в которой сорбентом является аммиак, а побочным продуктом товарный сульфат аммония, являющийся ценным удобрением.

При действующих в России нормативах связывание 90-95%  $SO_2$  необходимо при использовании топлива с приведенной сернистостью  $S > 0,15\% \text{ кг/МДж}$ . При сжигании мало и среднесернистого топлива  $S < 0,05\% \text{ кг/МДж}$  целесообразно использовать менее капиталоемкие технологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные экономические и технические проблемы энергетического сектора России. Сборник материалов/М.: Институт высоких температур РАН, 2002.
2. В.А. Баженов, Л.А. Булдаков. Вредные химические вещества.: Справ. изд. – Л.: Химия, 1990.-464 с.
3. Экологически чистая ТЭЦ. Сборник материалов/М.: ВНИПИЭНЕРГОПРОМ, 1993.



# ОЧИСТКА ВОДОЕМОВ ПЛАВУЧИМИ АЭРАЦИОННЫМИ УСТАНОВКАМИ С ПИТАНИЕМ ОТ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БАТАРЕЙ

С.А. Лазарев-Марченко, В.И. Виссарионов

*Московский энергетический институт (Технический Университет)*

Одним из основных путей удовлетворения потребностей общества в воде является инженерное воспроизводство водных ресурсов, т.е. их восстановление и приумножение не только в количественном, но и в качественном отношении. Необходимость целенаправленного формирования кислородного баланса водоемов как эффективного метода активизации процессов самоочищения и решается с помощью искусственной аэрации, поэтому в работе рассматривались вопросы, связанные с применением автономных, плавучих аэрационных установок с питанием от солнечных фотоэлектрических преобразователей. Увеличение концентрации кислорода в водоеме заметно улучшает качество воды, запускает самоочистительные процессы и позволяет водоемам выдерживать колоссальные нагрузки, приходящие на них особенно в летний период, когда возрастает их рекреационное значение.

На данный момент, разработано довольно большое число различных аэрационных установок, однако большинство из них не получили широкого распространения из-за трудностей с организацией бесперебойного обеспечения энергией, т.к. подобные установки предполагают наличие автономного источника питания. По сей день, универсальным автономным источником является дизель-генератор, он находит широкое применение благодаря простоте и высокой надежности. Но дизель-генератор, как и большинство других источников энергии, так или иначе загрязняют или изменяют окружающую среду, к тому же работа дизельной установки сопровождается значительным шумом, и её установка на плавучую платформу – крайне затруднена и сопряжена со значительными трудностями в эксплуатации. Поэтому наибольший интерес вызывают экологически чистые и бесшумные источники энергии, способствующие уменьшению загрязнения окружающей среды – например *солнечные батареи*. Их преимущества: абсолютная бесшумность работы, экологическая чистота, долговечность и простота в эксплуатации, эстетическая привлекательность. Установки, использующие солнечные батареи отлично вписываются в природный ландшафт, своей работой не мешают обитателям водоемов (рыбам, птицам) и отдыхающим у водоема горожанам. Они красивы, современны, практичны и могут украсить любой водоем.

Поэтому, на кафедре Нетрадиционных и Возобновляемых источников энергии Московского Энергетического Института, была разработана оригинальная плавучая аэрационная установка с питанием от солнечных фотоэлектрических батарей (свидетельство на полезную модель № 18597, Роспатент, 2001 г.), проект установки получил серебряную медаль на 2-й Международной выставке инновации и инвестиции, ВВИЦ, 2002 г. А в 2005 г.

авторы установки стали лауреатами премии молодым ученым города Москвы (указ N 57-УМ, от 29 августа 2005 г.) в номинации энергосберегающие технологии в городском хозяйстве и на транспорте.

Установка предназначена для аэрации водоемов комплексного назначения, рыбных хозяйств, водохранилищ ГЭС, ТЭС, АЭС и ирригационных систем, а также непроточных озер и прудов с целью улучшения состояния воды и поддержания нормируемых показателей на необходимом уровне. Установка успешно прошла испытания (рис.1, 2) на водоемах Московской области. Результаты испытаний показали, что установка успешно справляется с поставленными задачами по увеличению концентрации кислорода в воде, зона активного влияния – зависит от глубины водоема, а количество растворенного кислорода – от типа аэратора и от величины прихода солнечной радиации на солнечные фотоэлектрические преобразователи. Так как эффективность аэрации зависит от глубины, то нет смысла в размещении установок по всей площади аэрируемого водоема, оптимальное размещение – создание нескольких зон аэрации в наиболее глубоких и проблемных частях водоема.

Определенное оптимальное время для аэрирования водоема в летнее время - с 22 до 8 ч, так как именно в ночное время наблюдается наибольший дефицит кислорода, а применяемая в установке аккумуляторная батарея позволяет запастись необходимым кол-во энергии за светлое время суток. Наиболее эффективный способ работы установки – интервальный (5 мин. работы, затем 10 мин простоя), так аэратор выполняет несколько функций - перемешивает воду с полной или частичной ликвидацией стратификации: температурной, кислородной и др., усиливает массообмен воды с атмосферой с соответствующей инвазией в воду кислорода при его недостатке (аэрация) и эвасией из воды кислорода при его избытке (деаэрация), усиливает теплообмен воды с атмосферой. Этот режим также позволяет экономить энергию запасенную аккумулятором (что позволяет уменьшить площадь солнечных фотоэлектрических модулей, а следовательно стоимость и габариты установки) и более равномерно работать в течение суток, оставляя часть энергии на следующие сутки, что не только обеспечивает работу аэратора в пасмурные дни, но и повышает эффективность процесса аэрирования за счет выравнивания концентрации кислорода по всей толще воды.

В зимнее время, из-за малого прихода солнечной радиации и больших потерь в аккумуляторе - наиболее оптимальным режимом работы будет являться прерывистая работа в светлое время суток, что уменьшит потери энергии на аккумулялирование. Для более эффективного использования энергии в зимнее время, можно уменьшить период работы аэратора и увеличить время простоя.

Практичность и эстетическая красота, автономность и независимость от других источников питания кроме солнца, позволяет использовать такие установки для улучшения качества воды и очистки водоемов, не нарушая природного или городского ландшафта и не оказывая негативного влияния на обитателей водоемов. А использование солнечной энергии – очень перспективное направление, особенно в крупных городах.



Рис. 1.



Рис. 2.

# КОМПОЗИТЫ В СИСТЕМЕ $\text{MgH}_2$ -C ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ГИДРОЛИЗНОГО ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА

Р.В. Лукашев

*Институт проблем химической физики Российской академии наук, г. Москва*

## Введение

Известно, что магний является одним из наиболее перспективных материалов для хранения водорода благодаря его высокой сорбционной емкости (более 7.6 масс.% водорода в  $\text{MgH}_2$ ) и обратимости взаимодействия с водородом. Однако широкому применению магния препятствуют низкая скорость гидрирования/дегидрирования и высокая температура протекания этих процессов ( $P_{\text{H}_2}=0.1\text{МПа}$  при  $T=570\text{ К}$  в случае разложения гидрида магния) [1,2].

Среди методов, позволяющих улучшить кинетику гидрирования магния, наибольший интерес представляет механическая активация, которая приводит к образованию высокой концентрации дефектов и увеличению поверхности. В последнее время активно обсуждается положительное влияние углерода, используемого в качестве добавки при механической активации, на параметры фазовых превращений в системе магний-водород [2-5]. Использование же в качестве исходного компонента при получении магний-углеродных композитов  $\text{MgH}_2$ , который по сравнению с металлическим магнием является более хрупким материалом, качественно меняет характер взаимодействия во время помола (механической активации) [2,5].

В настоящее время широко обсуждается перспектива использования гидрида магния в портативных источниках водорода, принцип генерации водорода в которых основан на реакции  $\text{MgH}_2$  с водой без изменения температуры. Широко известным фактом является то, что в результате реакции  $\text{Mg}$  или  $\text{MgH}_2$  с водой образуется водород, однако образование инертной пленки  $\text{Mg(OH)}_2$  на поверхности материалов резко тормозит данную реакцию. Предварительная механическая активация  $\text{Mg}$ ,  $\text{MgH}_2$  и их композитов с различными добавками положительно влияет на скорость взаимодействия полученных образцов с водой [6,7].

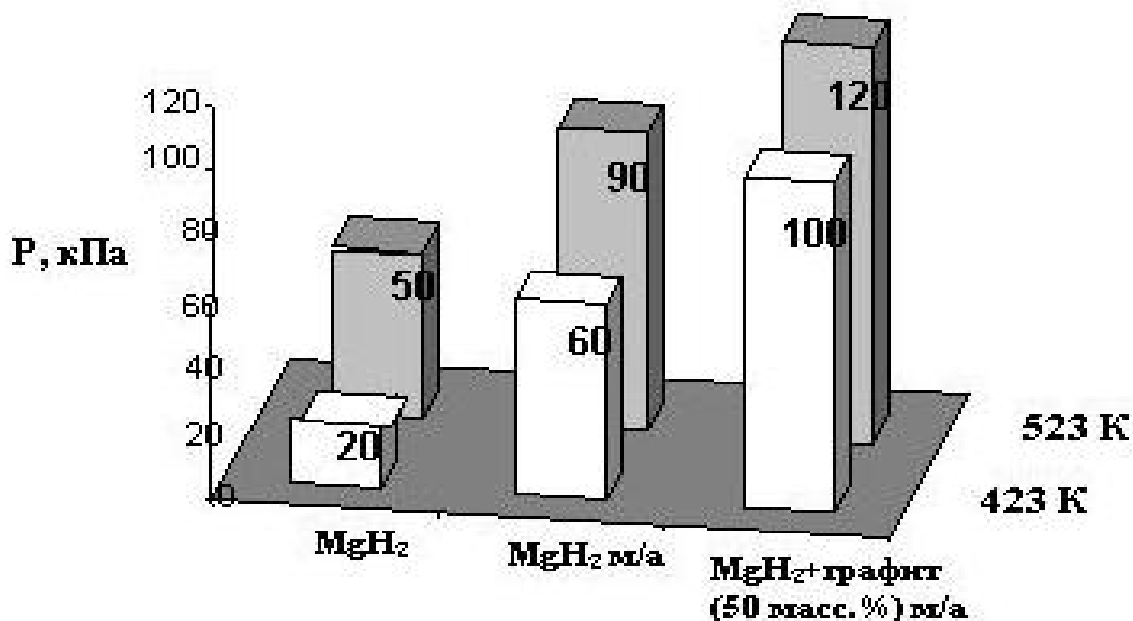
Использование для аккумулялирования и гидролизного получения водорода композитов  $\text{MgH}_2$ -углерод, механически активированных путем обработки в шаровой планетарной мельнице, является перспективным направлением для получения возобновляемых источников энергии.

## Результаты и обсуждение

В работе использовали  $\text{MgH}_2$  (94-96 мас%  $\text{MgH}_2$ , 6-4 мас%  $\text{Mg}$ ) [5]. Механическую активацию осуществляли в атмосфере аргона в высокоэнергетических шаровых планетарных мельницах. Операции с образцами проводились в атмосфере аргона в сухом боксе (MBraun), в котором содержание воды и кислорода составляет менее 1 ppm.

В данной работе изучены водород-аккумулирующие характеристики трех типов

образцов: 1 –  $\text{MgH}_2$ , 2 –  $\text{MgH}_2$  после механической активации, 3 – композиты  $\text{MgH}_2$ -углерод, полученные высокоэнергетическим воздействием (мельница 1). Проведенные исследования показали, что механическая активация (м/а) приводит к существенному увеличению удельной поверхности получаемых композитов по сравнению с исходными компонентами. На рис. 1 представлены данные по термическому разложению в статическом режиме образцов 1-3, полученные методом длительной выдержки (порядка 20 часов) при фиксированной температуре. Видно, что при температурах 420 и 520 К давление водорода, выделенного образцами, подвергнутыми механической активации, существенно превышает давление водорода, десорбированного из необработанного порошка  $\text{MgH}_2$ . Особенно этот эффект заметен для образцов, содержащих графит и углеродные наноструктуры.



1

Рис. 1. Давление водорода, десорбированного композитами при 420 и 520 К.

При последующем гидрировании продуктов термического разложения (рис.2) существенно увеличивается скорость взаимодействия водорода с образцами, подвергнутыми механической активации, по сравнению с магнием, полученным в результате десорбции водорода из необработанного  $\text{MgH}_2$ . Качественно эффекты увеличения давления водорода, выделенного композитами, и положительные изменения в кинетических характеристиках по сравнению с необработанным порошком  $\text{MgH}_2$  не зависят от количества углерода (при содержании от 10 до 50 мас%), но уменьшение количества углерода от 50 до 10 мас % ведет к снижению давления водорода, выделенного композитами при 420 К, от 100 до 70 кПа и увеличению давления при 520 К от 120 до 170 кПа. Это связано со сложным характером десорбции водорода из данной многокомпонентной системы, который обсуждался нами в работе [5].

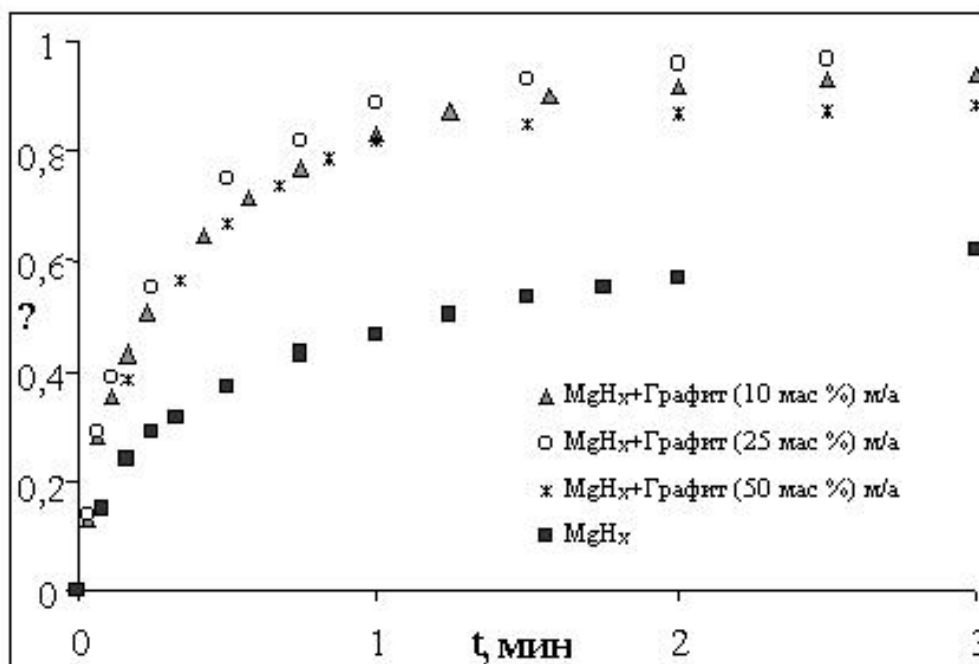


Рис. 2. Зависимость степени превращения ( $\alpha$ ) в реакции гидрирования магния от времени при 600 К для образцов после термического разложения.

На рис. 3 представлены зависимости степени гидролиза  $\text{MgH}_2$  и его композитов от состава и длительности активации. Видно, что механическая активация гидрида магния и композита  $\text{MgH}_2$ -углерод способствует увеличению скорости реакции с водой с образованием  $\text{H}_2$ . Так при реакции порошка неактивированного  $\text{MgH}_2$  с водой за 1 минуту выделяет 0,3 – 0,5%, а за 40 минут – 1,5 - 2% от теоретически возможного. Для всех образцов подвергнутых механической активации эти цифры заметно выше. Причем реакция с водой с высокой скоростью происходит только на ранних этапах (0,5 – 5 минут), после чего скорость реакции практически не зависит от времени. Увеличение скорости реакции с водой можно объяснить тем, что м/а приводит к увеличению удельной поверхности и повышению концентрации дефектов в обработанных материалах. Такая развитая поверхность способствует ускорению процесса образования водорода на ранних этапах реакции, после чего образовавшийся на поверхности частиц слой гидроксида магния ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) препятствует дальнейшей реакции.

Увеличение времени м/а не способствует ускорению реакции образования водорода. По данным рентгеновского анализа длительный помол приводит к частичному разложению  $\text{MgH}_2$  и окислению, что, по всей видимости, и приводит к уменьшению количества выделяющегося водорода при реакции с водой. Наличие углеродной добавки положительно влияет на скорость генерирования  $\text{H}_2$ , однако при увеличении времени м/а композитов  $\text{MgH}_2$ -углерод от 15 до 60 минут скорость реакции с водой уменьшается, как и для случая активации чистого  $\text{MgH}_2$ .

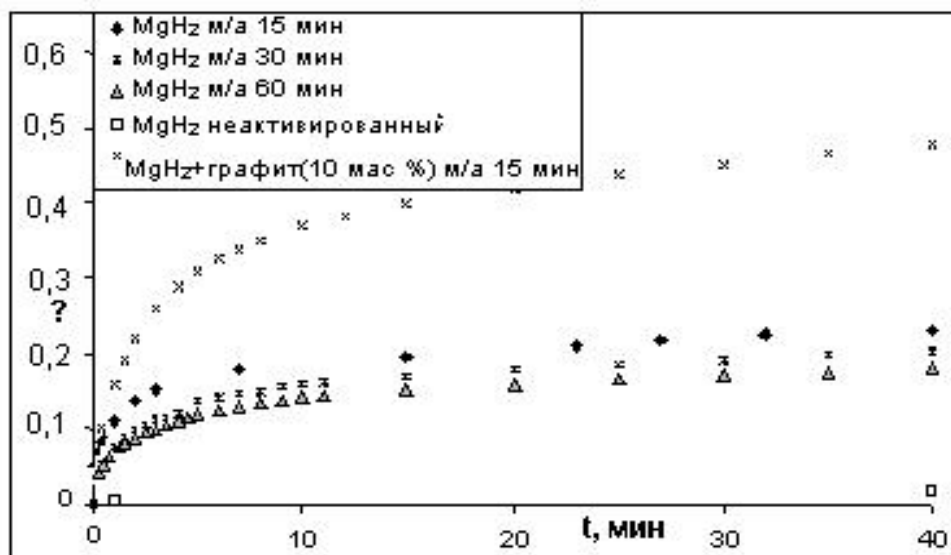


Рис. 3. Зависимость от времени степени прохождения реакции с водой образцов гидрида магния, подвергнутых активации различной длительности, и композита  $\text{MgH}_2$ -графит м/а.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 05-03-08027 и 05-08-18130).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тарасов Б.П., Бурнашева В.В., Лотоцкий М.В., Яртысь В.А. Альтернативная энергетика и экология. – 12,14 (2005).
2. Клямкин С.Н., Лукашев Р.В., Тарасов Б.П., Борисов Д.Н., Фокин В.Н., Яртысь В.А. Материаловедение. 9,53 (2005).
3. Imamura H., Takesue Y., Akimoto T., Tabata Sh. J. Alloys Comp. - 293,564 (1999).
4. Wu C.Z., Wang P., Yao X., Liu C., Chen D.M., Lu G.Q, Cheng H.M. J. Alloys Comp. – 420,278 (2006).
5. Лукашев Р.В., Клямкин С.Н., Тарасов Б.П. Неорганические материалы, 42,803 (2006).
6. Kojima Y., Suzuki K.-I., Kawai Y. J. Mat. Science. – 39,2227 (2004).
7. Grosjean M.-H., Roue L. J. Alloys Comp. - 416,296 (2006).

# ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НЕДВИЖИМОСТИ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

И.В. Мартюгина

*Санкт-Петербургский Государственный Политехнический Университет*

Целью данного доклада является обоснование необходимости использования геотермальной энергии в целях повышения качественных показателей инфраструктуры отопительных и энергетических услуг, улучшения качества среды обитания на объектах туризма и спорта туристско-рекреационных зон (ТРЗ) Северо-Западного региона. Регион имеет особый геополитический статус, экономико-географическое положение, мощный научный и промышленный потенциал, богатейшее культурно - историческое наследие, что определяет его ведущую роль в процессе интеграции России в мировое сообщество. Развитие региона оказывает значительное влияние на субъектов Северо-Западного Федерального округа (Вологодскую, Новгородскую и т.д.). Удельное энергопотребление здесь выше, чем в среднем по России. Одновременно Северо-Западный регион не обладает запасами топливно-энергетических ресурсов, такие как запасы углеводородного сырья и газа, на которые опирается в настоящее время энергетика России. Регион в значительной степени зависит от привозного топлива (природный газ -75%; мазут -20%).

В новых условиях развития недвижимости курортов, туризма и спорта особую роль занимают процессы получения и потребления энергии и тепла, отвечающие за необходимые микроклиматические условия как внутренней, так и внешней зоны объектов досуга и отдыха [1]. Наличие инфраструктур/инженерно-технических коммуникаций и сетей позволяет рассматривать ТРЗ как территорию развития.

Технологии возобновляющихся источников энергии (ВИЭ) в последние годы развиваются очень быстрыми темпами и экономическая эффективность ВИЭ повышается, в том числе и за счет удорожания традиционного топлива, удешевления оборудования возобновляющей энергетики, в сравнении с предыдущими годами.

Геотермальные источники энергии используются в России главным образом для теплоцентрали. Однако, существенное её развитие возможно при использовании для следующих социально-реабилитационных целей:

- сельского хозяйства и туризма (ландшафтная архитектура, оранжереи, нагревание почвы, рыба и сельское хозяйство животных, панировка рогатого скота);
- для различных производственных процессов и технического туризма (производство, мытье шерсти, бумажное производство, высушивание леса, извлечение нефти);
- для бальнеологических и региональных сооружений – курорты и SPA комплексы (учреждения водолечебницы, плавательные бассейны, и т.д.);
- жилые дома – коттеджные посёлки (индивидуальные и многоквартирные);
- общественные здания (магазины, бензозаправки, школы, церкви и т.д.).

Наиболее предпочтительная технология добычи геотермального тепла - геотермальная



циркуляционная система (ГЦС). Суть технологии ГЦС в создании подземного теплообменника, расположенного на малой глубине (ниже глубины промерзания) с замкнутым или открытым контуром, присоединенного к тепловому насосу (рис.1; 1 - нагнетательная скважина; 2 - наземная насосная установка; 3 - система водогазоочистки и водоподготовки; 4 - теплообменники; 5 - догревающая котельная; 6 - сетевой насос; 7 - магистральные теплотрассы; 8 - жилой массив; 9 - промышленные объекты; 10 - парниково-тепличный комбинат; 11 - рыбное хозяйство; 12 - бальнеологический и спортивно-оздоровительный комплекс; 13 - тепловые насосы; 14 - погружные насосы; 15 - добычная (водоподъемная) скважина; 16 - система прискважинных фильтров [5]).

Геотермальный тепловой насос, именуемый в английском языке «groundsource heat pump» (GHP), дословно - тепловой насос на основе земляных источников (т.е. геотермальный не означает обязательного наличия источника с повышенной температурой), включен в два контура: I - кольцевой контур внутри здания, в который подается тепло для обогрева здания; II - подземный контур-теплообменник (скважина, дно рек или озер) [3]. Вода проходит по II контуру, принимая температуру среды, поступает в тепловой насос, расположенный внутри отапливаемого помещения. В случае работы на обогрев, тепловой насос, как обычный холодильник аккумулирует тепло и передает его I контуру, повышая температуру воды в нем до 50-55°C. Из контура тепло извлекается при помощи теплых полов или батарей. В случае работы в кондиционном режиме, или при избытке тепла внутри здания, происходит обратный процесс, и избыточное тепло сбрасывается в II контур. Тепловой насос соответствующей мощности выбирается в зависимости от площади здания и его назначения.

Для покрытия пиков тепловой нагрузки, в случае резкого понижения температуры, предусмотрен также и обычный газовый котел. В летние месяцы отсутствует потребность в отоплении, что проявляет создать большой запас неиспользуемой геотермальной энергии, которую возможно использовать для кондиционирования, создания условий для зимних видов спорта и поддержания среды обитания определённых видов животных и растений.

Северо-Западный регион обладает низко- и среднетемпературными геотермальными источниками, что позволяет обеспечить работой отопительные системы GHP, однако этой температуры не достаточно для производства электроэнергии. Это вынуждает использовать специальные тепловые машины.

Применение ГЦС эффективно в зданиях общественного пользования (гостиницы, спортивные комплексы и т.д.). Техническое решение, для обустройства теплового обмена в малоглубинной геотермальной системе открытых и закрытых спортивных сооружений и т.д., различается по функционированию тепловых насосов: тепловой обмен в буровой скважине (двойная –U-труба); тепловые насосы грунтовой воды (двойная система).

Для обслуживания экзотических садов и парков большой площадью на северных территориях, применяется горизонтальный обмен тепла земли со следующими техническими решениями прокладки теплового контура: соединенный параллельно, последовательно или «труба траншея». При обслуживании локальных зон выгоднее применять «сконцентрированные» горизонтальные контуры, отличающиеся по конфигурации

коллектора: траншейный, «крадущийся», спиральный.

При необходимости значительного потребления тепла и энергии объектом возможно применение «энергетической сваи и пересекающихся секций свай с тремя петлями».

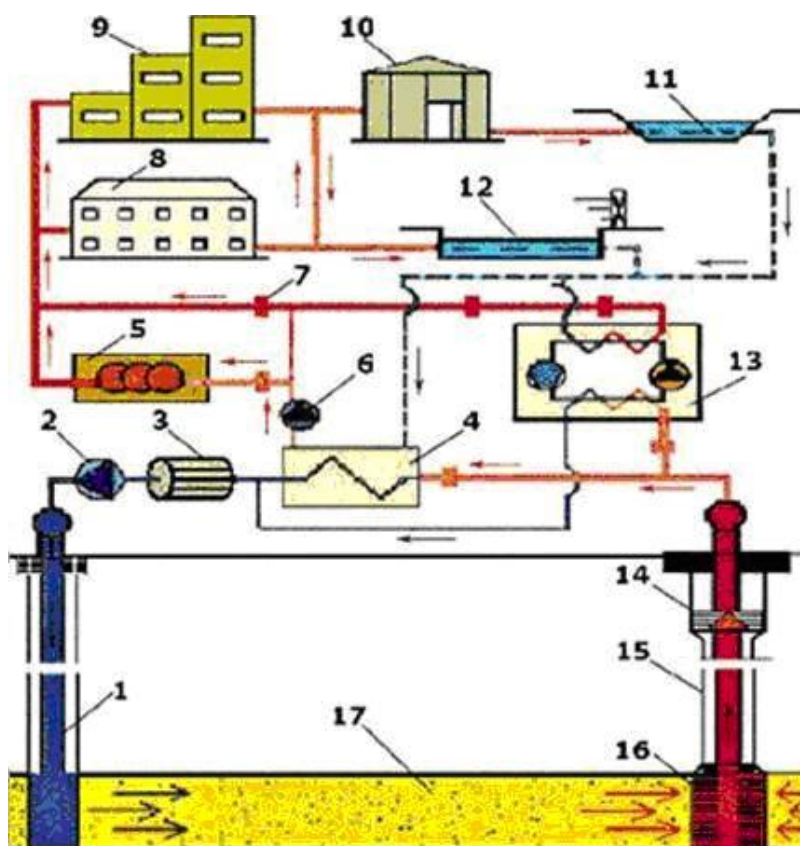


Рис. 1.

Не маловажной является функция системы теплового обмена в буровой скважине работать в кондиционерном режиме. Это дает возможность применить данную технологию в закрытых спортивных сооружениях, например для обустройства ледового катка, что позволит эксплуатировать комплекс в летнее время. Особенно это может быть актуально для отдаленных от мегаполисов местностей обладающих геотермальными источниками, а это: Гатчино, Пулково, Красное село, Тайцы, Колпино, Шушары и далее в направлении Луги, Вологодская и Новгородская области и т.д. Ленинградская тепловая аномалия характеризуется площадью 13 тыс. км<sup>2</sup>.

В настоящее время разрабатывается проект «Серебряное Кольцо России», открывающее большие перспективы для развития инфраструктуры объектов спорта и туризма регионов, входящих в «Кольцо» (Северо-Западный Федеральный Округ) [2].

Активное развитие геотермальная технология получила в мире и, в частности, в Германии. Масштабное внедрение данной инновационной идеи, позволило обеспечить теплом и энергией не только отдельные общественные здание (например, Bundestag), но и целые жилые кварталы.

Устройство децентрализованной системы обеспечения позволяет самостоятельно

регулировать требуемые мощности подачи тепла и энергии. Используя, резервуары хранения тепла, система GHP может работать по низкому ночному тарифу. Ярким тому примером является деревня Филипово в Ярославской области, где функционирует первая в России школа, снабженная оборудованием GHP.

**Выводы:** Учитывая все выше изложенное необходимо отметить следующее:

- Использование геотермального тепла, как децентрализованного источника, для развития инфраструктуры локальных туристско-рекреационных объектов, позволит частично разгрузить теплоцентрали.

- Применение геотермальной технологии относительно экологически безопасно.

- На сегодняшний день отсутствует единая методика оценки экономической эффективности геотермальной энергетики при создании недвижимости, включая улучшения земли в целях ландшафтной архитектуры и освоении северных территорий для закрытых спортивных объектов с внутренним озеленением.

- Для объектов туризма, спорта и курортов необходимо учитывать позитивный имеющийся зарубежный опыт при организации тепло- и энергоснабжения с использованием геотермальной энергетики;

- Информирование общественности о достоинствах и преимуществах ВИЭ необходимо осуществлять при организации общественного обсуждения проектов с использованием информационных технологий и виртуальных имитационных 3D и 4D моделей, схем использования и оснащения ТРЗ геотермальными станциями.

- Реализация Проекта «Серебряное Кольцо России» должна опираться на руководящие документы и результаты компетентных заключений, в числе первоочередных мер на современном этапе, по мнению Научного совета РАН по проблемам геотермии, является проектирование и создание локальных систем теплоснабжения с применением тепловых насосов в Вологодской и Новгородской областях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мартюгина И.В., Кононова М.Ю. Метрологическое сопровождение обеспечения микроклимата закрытых спортивных сооружений // XXXI Неделя науки СПбПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. 24 -29 ноября 2003 года. Часть I. Инженерно-строительный факультет. СПб. 2004.
2. Мартюгина И.В., Кононова М.Ю. Города Кириллов, Белозерск, Ферапонтово в туристической системе «Серебряное кольцо России» // XXXIV Неделя науки СПбПУ. Материалы Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов. 28 ноября-3 декабря 2005 года. Часть I. Инженерно-строительный факультет. СПб. 2006.
3. World geothermal congress 2005, Antalya - Turkey. 24-29 April 2005.
4. [www.sovet-geotherm.ginras.ru](http://www.sovet-geotherm.ginras.ru) - Отчет о работе Научного совета РАН по проблемам геотермии.

## К ВОПРОСУ О КАРТИРОВАНИИ ПОТЕНЦИАЛА РЕСУРСОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

А.А.Маслова<sup>1</sup>, Л.В.Нефедова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ЗАО «НЕОЛАНТ», <sup>2</sup>Географический факультет МГУ им М.В.Ломоносова

На Форуме «Большой восьмёрки», состоявшемся в Санкт - Петербурге в июле 2006 г. одним из главных вопросов была глобальная энергетическая безопасность, по которому был принят специальный документ. Как отмечено в этом документе: «Мы будем принимать меры по развитию низкоуглеродной и альтернативной энергетики, расширению использования возобновляемых источников энергии, а также развитию инновационных технологий во всех отраслях энергетического сектора».

Технологические аспекты использования ВИЭ получили высокий уровень разработок в развитых капиталистических странах (США, Дания, ФРГ), поэтому на современном этапе особенно актуальным является анализ условий и методов полноценного включения ВИЭ в энергокомплекс страны. Для России, где около 60 % территории, на которых проживает до 20 млн. человек не имеют надёжного централизованного энергоснабжения, использование ресурсов возобновляемых источников энергии внесет свой вклад в решение многих социально – экономических проблемы и повысит энергобезопасность страны. По выполненным оценкам только за счет использования энергии ветра в нашей стране может быть получено более 40 млрд. кВт. ч в год (примерно 20000 МВт), и сооружено примерно 2000 МВт МГЭС [1]. И это, в первую очередь, в регионах Крайнего Севера и других регионах, в которых сегодня существуют трудности с энергоснабжением. Велико значение ВИЭ и для энергообеспечения рекреационных территорий, особенно в экологически неблагополучных районах.

Россия располагает различными видами ресурсов ВИЭ, а в большинстве субъектов Российской Федерации имеются два и более вида ВИЭ. Уникальными ресурсами ВИЭ обладает Краснодарский край, в котором имеется экономический потенциал по всем видам ВИЭ: геотермальная и солнечная энергия, ветровая энергия, гидроэнергия малых рек и водотоков, низкопотенциальная энергия моря, водосливов, окружающего воздуха, стоков технического водоснабжения потребителей. Технический потенциал ВИЭ в крае на два порядка превышает современное потребление энергии краем. Далеко не случайно, что системы солнечного теплоснабжения получили по масштабам России широкое распространение именно в этом крае. В целом по России экономический потенциал ВИЭ по обобщенным оценкам составляет порядка 270 млн. т у.т., т.е. около 25% внутреннего потребления энергоресурсов.

Запасы геотермального тепла в России, которые могут быть использованы экономически эффективно, имеются в Дагестане, в Чечне, Краснодарском, Ставропольском краях, в Прибайкалье, на Камчатке, на Чукотке, на Курильских островах и на Сахалине. По оценкам экспертов на Камчатке и Сахалинская области могут быть сооружены

геотермальные электростанции мощностью более 2000 МВт и решены вопросы теплоснабжения. Важную роль тут сможет сыграть использование тепловых насосов, широко применяемых на Западе.

Малые реки с длиной до 100 км и площадью водосбора менее 2 тыс. км<sup>2</sup> составляют около 95% протяженности гидрографической сети России. Институтом Гидропроект были выполнены оценки потенциала малой гидроэнергетики по экономическим районам России (табл. 1). Однако использование энергопотенциала малых водных потоков в стране пока не превышает 5% [2].

На современном этапе наиболее целесообразным представляется оценки энергетического потенциала МГЭС для отдельных экономически самостоятельных регионов России, функционирующих в условиях рыночных отношений и росте значимости социально-экологических факторов. При этом необходим учет возможностей обеспечения децентрализованного энергоснабжения отдельных районов при существовании различных форм собственности и источников финансирования. МГЭС имеют весьма ограниченный радиус экономической эффективности передачи электроэнергии к потребителю. По такой методике были выполнены расчеты для Мурманской и Архангельской областей с подразделением на валовые, технико-экологические и эколого-экономические ресурсы [1].

Таблица 1.

Распределение потенциала малой гидроэнергетики по экономическим районам России.

| Экономический район                  | Теоретический потенциал, млрд. кВт-ч. | Технический потенциал, млрд. кВт-ч |
|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Европейская часть</b>             | <b>186,9</b>                          | <b>59,0</b>                        |
| В том числе:                         |                                       |                                    |
| Северный и Северо-Западный           | 48,6                                  | 15,1                               |
| Центральный и Центральнo-Черноземный | 7,6                                   | 2,9                                |
| Волго-Вятский                        | 6,1                                   | 2,4                                |
| Поволжский                           | 28,9                                  | 9                                  |
| Северо-Кавказский                    | 50,1                                  | 15,5                               |
| Уральский                            | 42,6                                  | 13,2                               |
| <b>Азиатская часть</b>               | <b>921,7</b>                          | <b>299,0</b>                       |
| В том числе:                         |                                       |                                    |
| Западно-Сибирский                    | 74,5                                  | 24,6                               |
| Восточно-Сибирский                   | 395,2                                 | 128,4                              |
| Дальневосточный                      | 452,0                                 | 146,0                              |
| <b>Вся территория России</b>         | <b>1108,6</b>                         | <b>358</b>                         |

В последние годы из-за высоких цен на топливо, значительных затрат на эксплуатацию линий электропередач 10-30 кВт при энергоснабжении удаленных потребителей, возросших требований к охране окружающей среды, стремления

собственников малых промышленных и сельских предприятий к энергетической независимости интерес к МГЭС вновь возрос. Администрации многих удаленных регионов страны (Алтай, Тыва, Камчатка и др.) проявляют большую заинтересованность в улучшении электроснабжения местного населения за счет возобновляемых источников энергии.

В освоении ресурсов ВИЭ в России на современном этапе главную роль будут играть регионы и независимые производители при соответствующей поддержке государства. В связи с этим представляется наиболее важным не только оценки распределения потенциала ВИЭ по территории страны, но и расчеты потенциала как отдельных видов ВИЭ так и создание суммарных оценок по всем наиболее важным для данного региона видам ВИЭ.

При картировании потенциала ресурсов ВИЭ важен уже не столько показ его распределения по территории страны, а выделение конкретных наиболее перспективных районов по одному или нескольким видам ресурсов. Создание баз данных ресурсов ВИЭ по административным территориальным единицам необходимо для привлечения инвестиций в возобновляемую энергетику со стороны местных администраций. Использование методик районирования и геоинформационных технологий значительно повысит эффективность процесса освоения ресурсов ВИЭ в нашей стране.

Выделение видов ресурсов, наиболее перспективных для определенных территориальных единиц, а также определение суммарного потенциала ВИЭ может быть выполнено по нижеизложенной методике. Данная методика была нами предложена и использована для регионального анализа ресурсов ВИЭ в Индии [3].

При сопоставлении показателей, имеющих разный порядок величин, целесообразно проводить нормирование значений по каждому показателю потенциала ресурсов, модифицируя алгоритм, разработанный В.С. Тикуновым [4].

$$S_i = \sum_{j=1}^m \frac{x_{ij} - x_j^0}{x_j^{\max} - x_j^0} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, 3 \dots n \\ j = 1, 2, 3 \dots m \end{matrix}$$

где  $n$  - количество территориальных единиц

$m$  - количество показателей потенциала ресурсов ( $x_{ij}$ ),

$x_j^0$  - наименьшее значение (по каждому показателю ресурсов ВИЭ),

$x_j^{\max}$  - наиболее отличающееся от  $x_j^0$  значение показателя.

Алгоритм нормирования показателей позволяет получать синтетические характеристики оценочного положения территориальных единиц по единой шкале и ранжировать данные территориальные единицы на основе этих оценок. Нормализация исходных показателей позволяет преодолеть их разноразмерность, сохранив те же соотношения между видами ресурсов по различным территориальным единицам.

Расчет значения показателя  $S_i$  «Суммарный удельный нормированный потенциал» позволяет оценить и сопоставить суммарные потенциалы ресурсов ВИЭ по территориальным единицам. Проводимая нормировка дает возможность выразить отклонение всей системы показателей от наилучших и наихудших оценочных значений и тем самым более достоверно с содержательных позиций соразмерить их. Нормировка позволяет устранить

количественные соотношения между значениями удельного потенциала по разным видам ресурсов для территориальных единиц по расчетным видам возобновляемых источников энергии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безруких П.П., Арбузов, Ю.Д. , Виссарионов В.И. и др. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. СПб.: Наука, 2002.
2. Клиге Р.К., Нефедова Л.В. Возобновляемые гидроресурсы. В сб. Возобновляемые источники энергии: Лекции ведущих специалистов. Выпуск 3. Под общей редакцией В.В.Алексеева.-М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. с.85-111.
3. Нефедова Л.В. Региональный анализ ресурсов возобновляемых источников энергии в Индии, состояние и перспективы их использования/ Вестник Московского Университета, сер.5. География, 2003, № 3, с.50-56.
4. Тикунов В.С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). - Москва-Смоленск, 1997.

#### НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ КАК ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА

А.С. Мистрова, С.В. Киселева, Н.И. Чернова

*Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*

Среди всех видов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) использование биомассы в настоящее время выгодно отличается распространенностью и масштабностью применения. В связи с истощением запасов ископаемого топлива использование биомассы находит все большее распространение как в развивающихся, так и в промышленно развитых странах. Биомасса применяется для производства тепла, электроэнергии, биотоплива, биогаза. Возобновляемые источники энергии в суммарном энергопотреблении по данным Международного Энергетического Агенства в 2003 г. составляли 13,5%, причем около 80% от этого значения приходится на биомассу. Доля биомассы в общем потреблении первичных энергоресурсов в США составляет 3,2%, в Дании - 8%, в Австрии - 12%, в Швеции - 18%, в Финляндии - 23%. В целом в мировом потреблении энергоресурсов биомасса составляет 12%, а в энергобалансе развивающихся стран - 35%; в странах экваториального пояса биомасса остается основным источником энергии. В настоящее время в мире для энергетических целей используется до 1 млрд. т у.т. растительной массы, что эквивалентно 25% мировой добычи нефти. Потенциальные же ресурсы растительной массы для энергетического использования достигают 100 млрд. т у.т. (таб. 1).

По данным Европейского совета по ВИЭ (EREC) к 2040 г. за счет ВИЭ будет покрываться почти половина энергопотребностей Европы, и 25% будет

составлять доля энергии биомассы (рис.1). Россия в развитии биоэнергетики отстает от западных стран. В настоящее время доля биоэнергетики в общей энергетической системе России составляет менее 3%. В то же время реальным стимулом использования биотоплива в России является его низкие цены по отношению к большинству видов топлива (в настоящее время падает даже ценовое преимущество газа). Доля российских регионов, не имеющих централизованного газоснабжения, возрастает при движении с запада на восток, в то время как объем лесных запасов возрастает в этом же направлении. Пример стран ЕС показывает, что подписание Россией Киотского протокола должно стимулировать использование ВИЭ, в том числе биомассы.

Нами были проанализированы наиболее распространенные в мире технологии переработки биомассы и выделены регионы и страны с преимущественным использованием того или иного вида биомассы (таб. 2).

Таблица 1.

Энергетический потенциал биомассы и ее фактическое использование в различных регионах,  $10^{18}$  Дж/ год ([www.rapp.ru](http://www.rapp.ru)).

| Потенциал биомассы                          | Северная Америка | Латинская Америка | Азия | Африка | Европа | Средний Восток | Российская Федерация | Всего в мире |
|---------------------------------------------|------------------|-------------------|------|--------|--------|----------------|----------------------|--------------|
| Древесная биомасса                          | 12.8             | 5.9               | 7.7  | 5.4    | 4.0    | 0.4            | 5.4                  | 41.6         |
| Энергетические плантации                    | 4.1              | 12.1              | 1.1  | 13.9   | 2.6    | 0.0            | 3.6                  | 37.4         |
| Солома                                      | 2.2              | 1.7               | 9.9  | 0.9    | 1.6    | 0.2            | 0.7                  | 17.2         |
| Другие виды биотоплива                      | 0.8              | 1.8               | 2.9  | 1.2    | 0.7    | 0.1            | 0.3                  | 7.6          |
| Потенциал $10^{18}$ Дж/ год                 | 19.9             | 21.5              | 21.4 | 21.4   | 8.9    | 0.7            | 10.0                 | 103          |
| Фактическое использование $10^{18}$ Дж/ год | 3.1              | 2.6               | 23.2 | 8.3    | 2.0    | 0.0            | 0.5                  | 39.7         |
| Фактическое использование/ потенциал (%)    | 16               | 12                | 108  | 39     | 22     | 7              | 5                    | 38           |



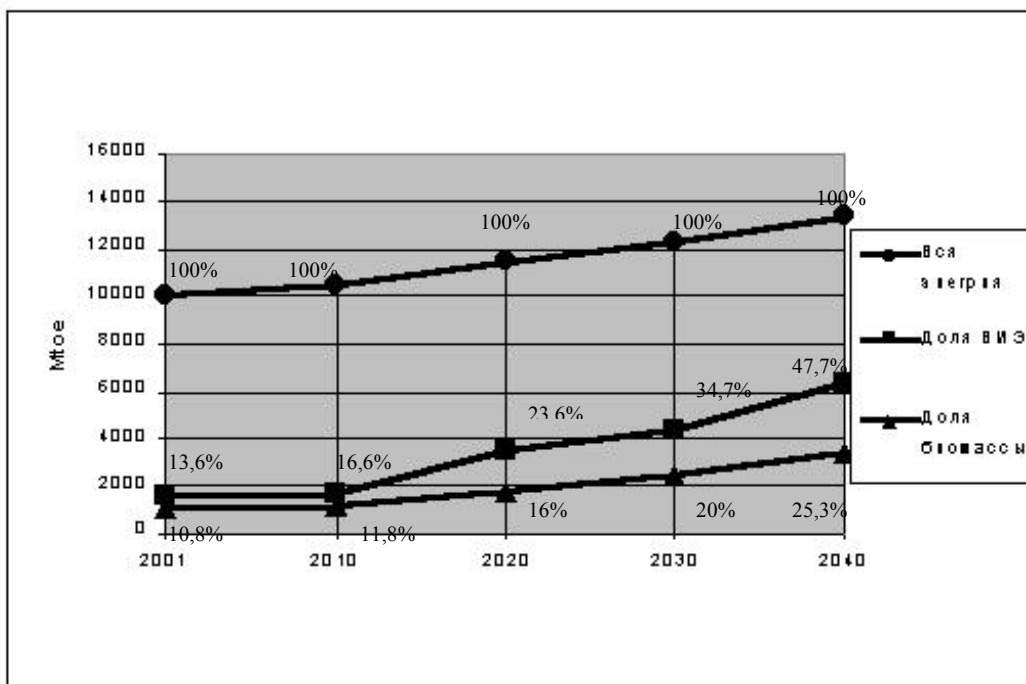


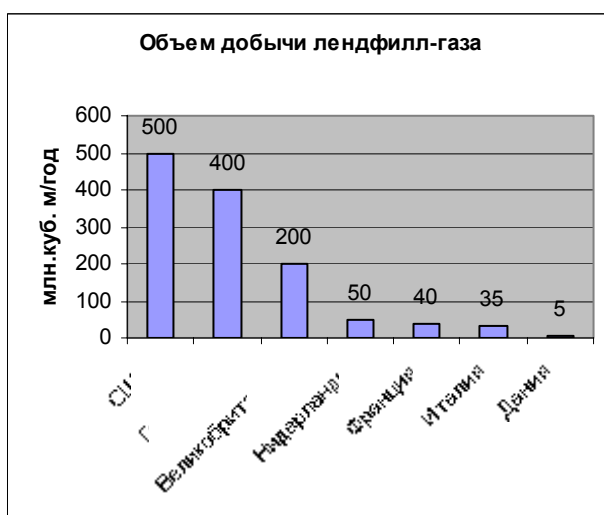
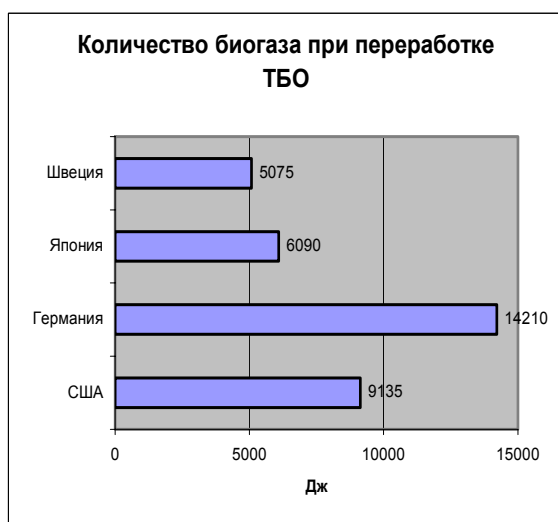
Рис.1. Прогноз EREC масштабов возможного использования ВИЭ  
[Возобновляемая энергия, июль, 2004, с.9-11].

Таблица 2.

Технологии использования биомассы как энергоисточника

| Технология производства                   | Исходное сырье                                                                                                                                                                                                                                                                    | Результат                                                                                                                                                                               | Регионы преимущественного развития                            |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| <i>Термохимическая конверсия биомассы</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |                                                               |
| Прямое сжигание                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Древесина, в том числе с энергетических плантаций;</li> <li>пеллеты (горючие прессованные брикеты из различных видов биомассы),</li> <li>отходы сельского хозяйства,</li> <li>отходы деревообрабатывающей промышленности и т.д.</li> </ul> | Электрическая и тепловая энергия                                                                                                                                                        | Финляндия, Швеция, Австрия, Россия, Китай, Центральная Африка |
| Газификация биомассы                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Древесина, в том числе с энергетических плантаций;</li> <li>отходы растениеводства (солома, стебли кукурузы, багасса);</li> <li>отходы лесоводства,</li> <li>твердые бытовые органические отходы</li> </ul>                                | Биосингаз:<br>H <sub>2</sub> – 18-20%;<br>CO – 18-20%;<br>CH <sub>4</sub> – 2-3%;<br>CO <sub>2</sub> – 8-10%;<br>NO <sub>x</sub> - 2-5%,<br>CH <sub>4</sub> – более 1%,<br>сероводород. | Финляндия, Бельгия, Нидерланды, Швеция, Австрия               |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                       |                                                                                    |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Пиролиз                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Кукурузная и рисовая шелуха, отходы кофейного производства;</li> <li>▪ отходы лесоперерабатывающей промышленности (ель, сосна, лиственница, береза, кедр и т.д.)</li> <li>▪ «энергетические леса» - специально выращенная древесина (гибриды ивы, черного тополя, эвкалипта и др.);</li> <li>▪ багасса,</li> <li>▪ солома,</li> <li>▪ бытовые органические отходы</li> </ul> | Синтетическое жидкое и газообразное углеводородное топливо            | Канада, Германия                                                                   |
| <i>Ферментативная конверсия биомассы</i> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                       |                                                                                    |
| Метаногенез                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Отходы животноводства и растениеводства,</li> <li>▪ отходы спиртовых заводов;</li> <li>▪ активный ил очистных сооружений;</li> <li>▪ отходы пищевых производств;</li> <li>▪ биомасса макро- и микроводорослей, в том числе культивируемая</li> </ul>                                                                                                                         | Биогаз (CH <sub>4</sub> – до 80%; CO <sub>2</sub> – 19%)              | Китай, Индия, Вьетнам; США, Канада, Дания, Германия и др.                          |
| Лендфилл-газ                             | ТБО свалок                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Биогаз                                                                | США, Канада, Германия, Великобритания, Нидерланды, Франция, Италия, Дания, Испания |
| Пр-во биоэтанола                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Сельскохозяйственные культуры (сахарная свекла, сахарный тростник, кукуруза, пшеница, картофель, какао и т.д.);</li> <li>▪ древесина и отходы лесной и лесоперерабатывающей промышленности</li> </ul>                                                                                                                                                                        | Добавка к жидкому топливу в двигателях внутреннего сгорания (газохол) | Бразилия, США.                                                                     |
| Пр-во биодизельного топлива              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Рапс, подсолнечник, соя, горчица;</li> <li>▪ отходы пищевой промышленности</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Биодизельное топливо                                                  | Германия, Франция, Италия, Греция, Австрия, Испания, Великобритания, Чехия         |



Так, особое внимание уделяется в настоящее время топливным ресурсам, основанным на *пеллетах*, высокая энергоемкость и уровень стандартизации которых делает их биотопливом будущего. Их легко транспортировать, производимое тепло является экологически чистым и экономически выгодным. В мире стремительно растет интерес к производству *биодизеля*, особенно в Европе, где сейчас производится более 1,4 млн. тонн в год. В настоящее время рыночная цена биодизельного топлива примерно в два раза выше, чем нефтяного дизельного топлива. Это ограничивает рынок смешанного топлива, который в настоящее время содержит от 2 до 20% смесей биодизельного и нефтесодержащего топлива. Для равного соперничества с нефтесодержащим топливом необходимо снижение цены биодизеля, что можно достигнуть при введении определенных новых технологий производства растительных масел и очистки биодизеля.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗДУШНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ С ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ И СОЛНЕЧНЫМ ПОДОГРЕВОМ ХЛАДАГЕНТА

И.В. Митина

ВИЭСХ, г. Москва

В Европе, в связи с необходимостью выполнения условий Киотского протокола (снижение выбросов  $\text{CO}_2$ ) и высокой стоимостью традиционного топлива (газ, нефть), активно ведется внедрение в энергетический сектор альтернативных источников энергии, особенно солнечной энергии. В частности, для отопления жилого сектора и офисных помещений разрабатываются солнечные отопительные установки, включающие в себя солнечные коллекторы и тепловой насос.

Компрессионный тепловой насос работает по циклу Ренкина (рис. 1,2): рабочее тело (хладагент) испаряется в теплообменнике, называемом испарителем (процесс  $4 \rightarrow 1$ ), затем сжимается в компрессоре, в связи с чем резко повышаются его давление и температура (процесс  $1 \rightarrow 2$ ), затем поступает в другой теплообменник (конденсатор), где при постоянной температуре  $T_{\text{конд}}$  отдает тепло воздуху в отапливаемом помещении и конденсируется (процесс  $2 \rightarrow 3$ ), потом проходит через дроссельный вентиль, где понижается его давление (процесс  $3 \rightarrow 4$ ), и затем цикл повторяется снова [1].

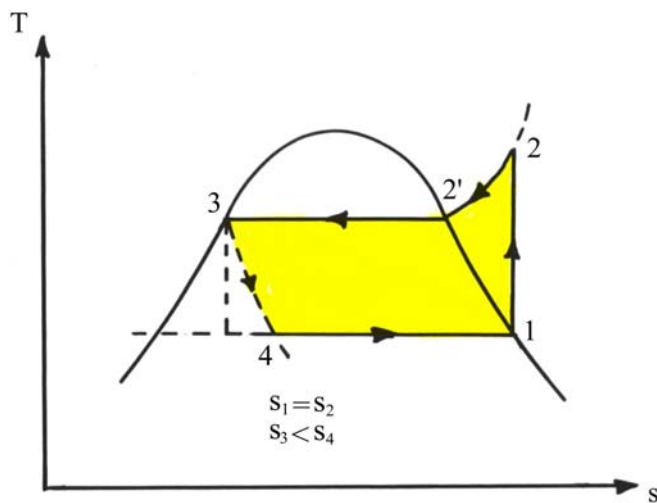


Рис. 1. T-S диаграмма цикла Ренкина.

Эффективность теплового насоса выражается при помощи коэффициента преобразования (КП), который рассчитывается как отношение тепловой энергии, переданной среде с регулируемыми параметрами (процесс  $2 \rightarrow 3$ ), к затраченной механической энергии на сжатие хладагента (процесс  $1 \rightarrow 2$ ) [2].

Известно, что эффективность работы теплового насоса тем больше, чем выше температура испарения  $T_{\text{исп}}$  хладагента. Поэтому тепловой насос работает лучше в паре с солнечным коллектором, который используется для нагрева хладагента при испарении (процесс  $4 \rightarrow 1$ ). В том случае, если тепловой насос работает без солнечного коллектора,

температура испарения  $T_{исп}$  обычно ниже температуры окружающей среды на  $10 - 15^{\circ}\text{C}$ , и, наоборот, в паре с солнечным коллектором температура испарения хладагента поддерживается выше температуры окружающей среды на  $5 - 10^{\circ}\text{C}$ , что значительно повышает КП [1].

Посредством моделирования в программе MATLAB был проведен сравнительный анализ систем отопления с тепловым насосом и систем отопления, включающих тепловой насос и солнечные коллекторы. Последние бывают двух типов:

1) система отопления, где солнечный коллектор и тепловой насос являются отдельными составляющими системы (рис. 2), и

2) система отопления, в которой солнечный коллектор играет роль испарителя хладагента, циркулирующего в системе (рис. 3).

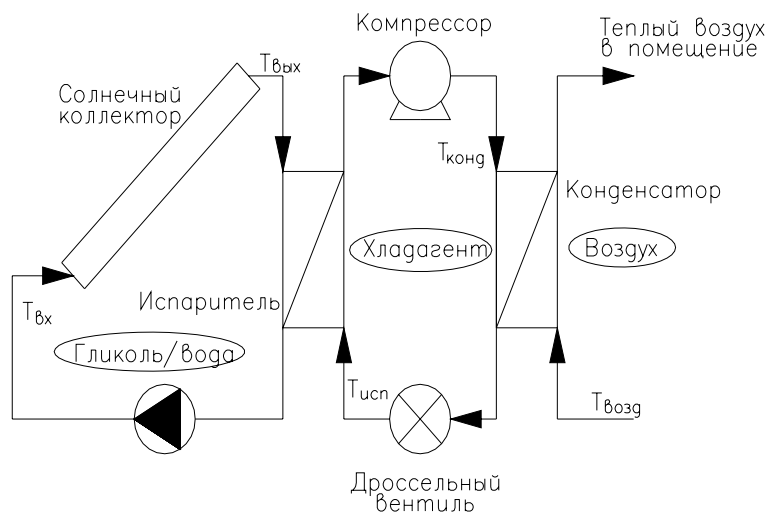


Рис. 2. Система солнечного отопления с тепловым насосом (тепловой насос и солнечный коллектор – отдельные части системы).

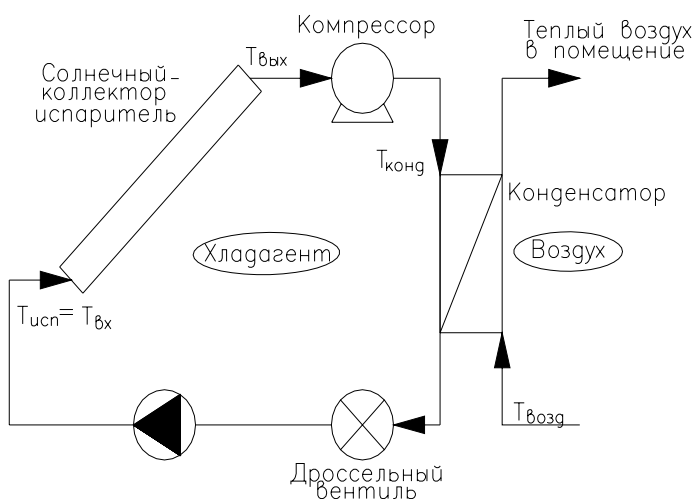


Рис. 3. Система солнечного отопления с тепловым насосом (солнечный коллектор играет роль испарителя)

Расчеты проводились для офисного помещения площадью 100 м<sup>2</sup> тип коллекторов – плоский без остекления.

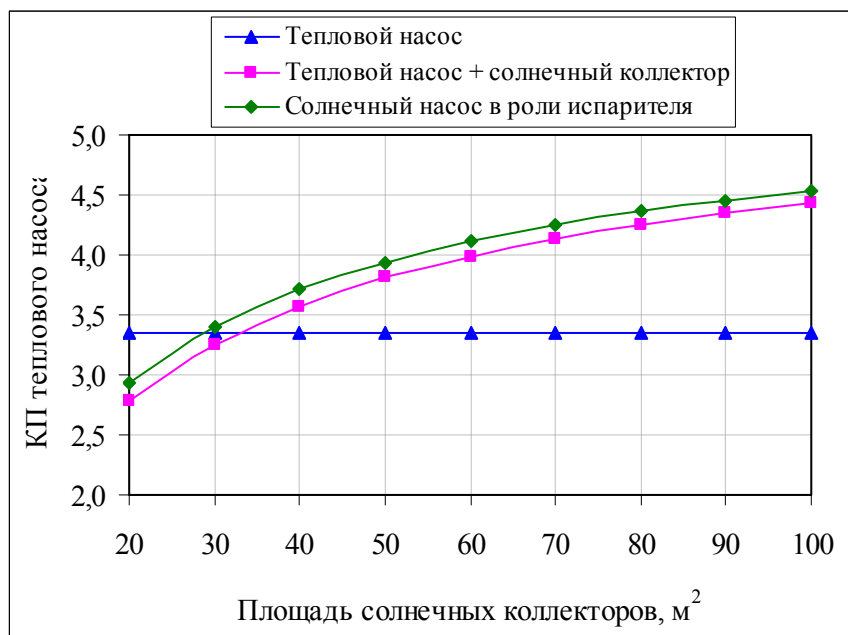


Рис. 4. КП теплового насоса с солнечным подогревом и без него. Место расположения – Рим (41,3° с.ш.)

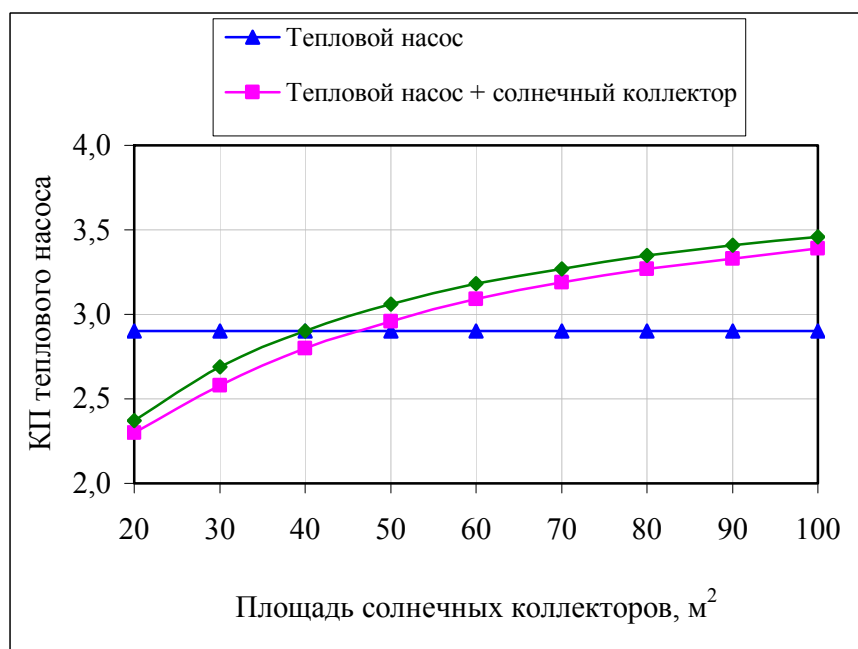


Рис. 5. КП теплового насоса с солнечным подогревом и без него. Место расположения – Франкфурт (52,1° с.ш.).

Как видно из графиков, тепловой насос в паре с солнечными коллекторами дает больший КП, чем без них. Системы с тепловым насосом и солнечным коллектором функционируют лучше в более южных широтах (Рим); а в районах, расположенных севернее (Франкфурт), для достижения более высокого КП требуется значительная площадь солнечных коллекторов.

Самый большой КП теплового насоса – в системе (2), когда солнечный коллектор выполняет функцию испарителя хладагента, потому что по сравнению с системой (1) отсутствует теплообменник между контуром солнечного коллектора и контуром теплового насоса, и, следовательно, уменьшаются тепловые потери в окружающую среду. При этом с увеличением температуры испарения  $T_{\text{исп}}$  хладагента КП теплового насоса растет, а КПД солнечного коллектора падает, т.к. с ростом температуры испарения увеличиваются тепловые потери коллектора. Оптимизируют работу системы обычно, подбирая скорость вращения мотора в компрессоре теплового насоса: с увеличением числа оборотов увеличивается расход хладагента и, соответственно, уменьшается температура его испарения  $T_{\text{исп}}$ , и наоборот [2].

Были проведены также расчеты КП теплового насоса для систем отопления с остекленными плоскими солнечными коллекторами и с солнечными коллекторами с вакуумными трубками. Результаты оказались неудовлетворительными, т.к. температура теплоносителя в коллекторе в этих случаях очень высокая для работы в паре с тепловым насосом (в плоских коллекторах с остеклением температура теплоносителя достигает порядка 60–70°C, в коллекторах с вакуумными трубками – порядка 100°C и выше).

Солнечные коллекторы без остекления лучше использовать с тепловыми насосами по следующей причине. Солнечный коллектор без остекления может абсорбировать весь спектр солнечного излучения, в том числе инфракрасное, он может поглощать тепловую энергию тогда, когда солнца нет. В этом его преимущество именно при работе с тепловыми насосами, когда температура теплоносителя на входе в коллектор невысокая, и потери в окружающую среду незначительные.

Таким образом, в результате программного моделирования отопительных систем с тепловым насосом, выяснилось, что тепловой насос лучше функционирует в паре с солнечным коллектором без остекления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. F.B. Gorozabel Chata, S.K. Chaturvedi, A.Almogbel. Analysis of a Direct Expansion Solar Assisted Heat Pump Using Different Refrigerants. Energy Conversion and Management. Vol. 46 (2005), pp. 2614 – 2624.
2. M.N.A. Hawlader, S.K. Chou, M.Z. Ullah. The performance of a Solar Assisted Heat Pump Water Heating System. Applied Thermal Engineering, Vol. 21 (2001), pp. 1049 – 1065.
3. J.A. Duffie, W.A. Beckman. Solar Engineering of Thermal Processes. 2<sup>nd</sup> ed., 1991.

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ВЕТРОУСТАНОВОК

В.П. Мотулевич, А.Г. Спиридонов, В.В. Кухарцев, Е.Б. Полякова  
*Московский Энергетический Институт (Технический Университет)*

В настоящее время значительная часть территории РФ не имеет доступа к системе централизованного энергоснабжения. Из-за значительной удаленности, а также малых значений потребляемых мощностей, присоединение изолированных населенных пунктов к единой энергосистеме – нецелесообразно [1]. Эти потребители обеспечиваются теплом и электрической энергией от автономных источников.

Электроснабжение большинства автономных потребителей осуществляется от дизельных энергоустановок (ДЭС), мощностью от 100 кВт до 3,5 МВт, а теплоснабжение – от водогрейных котельных или электрокотлов, большинство которых работают на привозном топливе [2].

Для доставки топлива мелким изолированным потребителям используется водный (морской и речной), автомобильный транспорт. До 50 % топлива затрачивается на его доставку в ряд удаленных районов.

Одним из перспективных направлений сокращения потребления привозного топлива и решения экологических проблем является использование местных и возобновляемых источников энергии. Одним из этих источников является энергия ветра. В мировой практике принято считать, что использование ветроустановок перспективно при среднегодовой скорости ветра более 5 м/с [3], поэтому в ряде регионов РФ целесообразно развивать ветровую энергетику.

В настоящее время наибольшее распространение получили ветроагрегаты с горизонтальной осью с диаметрами роторов более 100 м и развиваемой мощностью до 5 МВт. Серийно выпускаются и ВЭУ с вертикальной осью с диаметром ветроколеса до 30 м и вырабатываемой мощностью до 500 кВт.

К недостаткам ВЭУ открытого типа следует отнести:

- значительные размеры при ограниченной мощности;
- малые частоты вращения, что требует установки мультипликаторов с высоким передаточным отношением (до 1:91);
- помехи средствам телекоммуникаций;
- акустическое воздействие ВЭУ, в том числе на флору и фауну.

В значительной степени решить указанные проблемы позволяет установка ветроагрегата в аэродинамическом канале [4].

Проточная часть ветроканала (рис. 1) имеет конфузorno-диффузорный продольный профиль. В рабочей части канала установлена ветротурбина. Регулирование мощности ветроустановки или частоты его вращения осуществляется как изменением геометрии проточной части канала (1,3), так и устройствами регулирования его проходного сечения (4).



Регулирование проходного сечения ветроканала предусмотрено до полного перекрытия. Кольцо Тауненда (5) на ВЭУ канального типа устанавливается для дальнейшего снижения потерь энергии ветра с выходной скоростью, и сокращения длины диффузорной части. Ветроустановка имеет средства шумоглушения и противообледенительную систему (2).

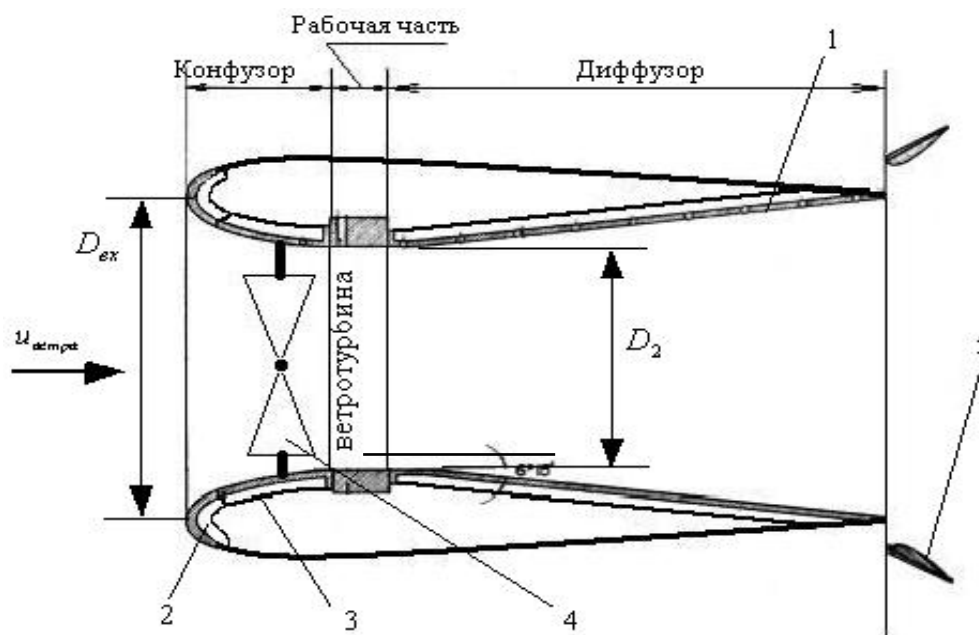


Рис. 1. Схема ветроустановки канального типа. Условные обозначения: 1 – система управления формой сечения диффузора; 2 – противообледенительная система; 3 – система управления формой сечения конфузора; 4 – система регулирования проходного сечения ветроканала; 5 – кольцо Тауненда.

Для ВЭУ канального исполнения предусмотрен поворотный механизм для отслеживания изменения направления ветра.

Конструкция ветроканала – модульная для удобства монтажа и транспорта. Собранный модуль предлагается устанавливать либо на крыше производственного здания, либо на башне.

В настоящее время большинство ветроустановок производят электроэнергию в качестве традиционного промежуточного энергоносителя, из которого потребитель получает требуемые носители в соответствующих объемах и режимах. Существует ряд особенностей при использовании ВЭУ на выработку электроэнергии для энергоснабжения автономного потребителя:

- непостоянство скорости ветра приводит к несовпадению режимов производства и потребления энергии. Дефицит восполняется работой резервных установок, таких как дизель-генераторная установка (ДГУ);
- сложность аккумуляции электрической энергии в промышленных масштабах;
- большие потери энергии ветра при использовании электроэнергии в качестве

промежуточного носителя при производстве других промышленных энергоносителей.

Другим распространенным энергоносителем является сжатый воздух. Его достоинствами являются электро-, пожаро- и взрывобезопасность, экологичность, высокая энергоемкость. На промышленном предприятии на выработку сжатого воздуха затрачивается до 30% общего энергопотребления.

В промышленной энергетике особый интерес к сжатому воздуху обусловлен возможностью его преобразования в другие энергоносители с высоким КПД, что дает возможность интегрирования различных систем энергоснабжения, основанных как на традиционных, так и на возобновляемых источниках энергии, в единый комплекс, как то тепло- и электроснабжение, холодоснабжение, вентиляция и криогенная техника, опреснение воды и др. (рис. 2) [5].

Сжатый воздух, наряду с электроэнергией, широко используется в различных отраслях промышленности. Его достоинствами являются электро-, пожаро- и взрывобезопасность, экологичность, высокая энергоемкость. На промышленных предприятиях на выработку сжатого воздуха затрачивается до 30% общего энергопотребления. В промышленной энергетике интерес к сжатому воздуху обусловлен возможностью его преобразования в другие энергоносители с высоким КПД. Это дает возможность интегрирования различных систем энергоснабжения, основанных как на традиционных, так и на возобновляемых источниках энергии, в единый комплекс для выработки спектра носителей, среди которых тепло, электроэнергия, холод (вплоть до криоуровня), кондиционированный воздух, пресная вода и др. (рис. 2) [5].



Рис. 2. Направления использования сжатого воздуха

Одним из главных достоинств сжатого воздуха является возможность его аккумулирования. В Германии и США эксплуатируются воздухоаккумулирующие газотурбинные энергетические станции [6], которые производят электроэнергию в пиковых

режимах. Аккумулятором в подобных установках служат отработанные шахты, подземные солевые пещеры. Возможно использование в качестве аккумуляторов стандартных труб большого диаметра, которые выполняют и функцию транспорта.

Предлагается использовать ветроустановку для непосредственного привода компрессорного агрегата без промежуточного преобразования ветровой энергии в электрическую с помощью ветрокомпрессорной установки (ВКУ). Эта схема имеет следующие преимущества [7]:

- снижение потерь энергии ветра в системах энергоснабжения на 10-15 % даже в номинальных режимах;
- при потере нагрузки на электрогенераторе, ветротурбина может пойти вразнос. Компрессор ВКУ в случае аварии (разрыв трубопроводов) служит тормозом и препятствует раскрутке ветроколеса.

Наиболее предпочтительным типом компрессоров для совместной работы в составе ВКУ являются машины объемного действия.

Проведено исследование влияния температуры окружающего воздуха на энергетические показатели ветроустановок. Мощность ветротурбины прямо пропорциональна плотности и обратно пропорциональна температуре воздуха ( $T_{oc}$ ):

$$P_{ВЭУ} \sim \rho_{oc}; P_{ВЭУ} \sim 1/T_{oc}$$

где  $\rho_{oc}$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $T_{oc}$  – температура окружающей среды, К.

На рисунках 3 и 4 показаны относительные изменения выработки энергии от ветроустановок при учете  $T_{oc}$ . Данные приведены для г. Жиганск (Республика Саха (Якутия)). Рисунок 3 иллюстрирует влияние температуры окружающей среды на мощность на валу ветроустановки по сравнению с расчетом по стандартной атмосфере. На рисунке 4 показан дополнительный потенциал энергии ветра по времени в течение года.

Дополнительным преимуществом ветрокомпрессорной установки является увеличение выработки сжатого воздуха при снижении  $t_{oc}$  по сравнению с ветроэлектрическим агрегатом.

Наряду с электроснабжением, актуальной проблемой является обеспечение потребителя тепловой энергией. На севере, зимний период длится 7-9 месяцев, отопительный период – до года. При этом до 70...80 % топлива приходится на долю теплоснабжения [8].

В работе [8] на цели теплоснабжения предложено использовать электрическую энергию от ветроустановки. Применение такой схемы позволяет снизить требования к качеству электроэнергии, вырабатываемой ВЭУ, позволяя, упростить, удешевить ветроагрегат и повысить его надежность. Однако, использование энергии высокого качества (электрической, механической) для производства тепла энергетически неэффективно.

Разработаны новые схемные решения по использованию энергии ветра на цели тепло- и электроснабжения на основе ветрокомпрессорных установок. Они позволяют более полно использовать энергию ветра, существенно снизить потребление привозного топлива и экологическое воздействие на природную среду.

Для корректного выбора энергетически приоритетных решений, использован критерий

удельного расхода топлива в год на 1 жителя на нужды тепло- и электроснабжения. Базовым вариантом является совместная работа ДЭС и водогрейной котельной, удельный годовой расход топлива для которого принят за 1. Результаты расчетов расхода топлива для разработанных схем и сравнения их с существующими в климатических условиях г. Мурманск приведены на рис. 5. Установлено, что использование разработанных схем на базе ветрокомпрессорных энергоустановок позволяет снизить потребление топлива в 2 раза по сравнению с ДЭС и водогрейной котельной [9].

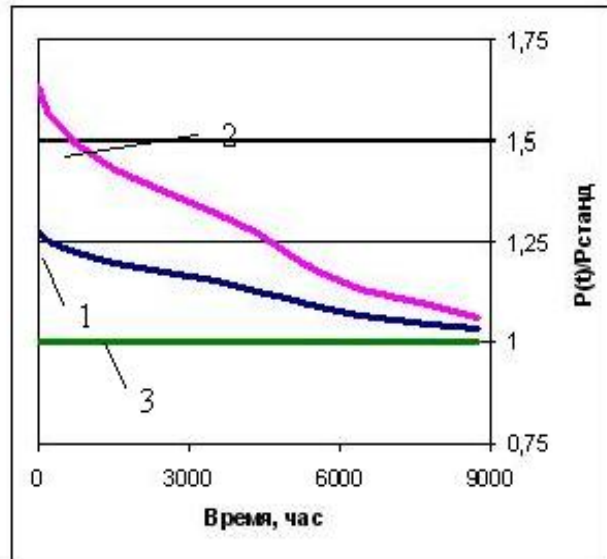
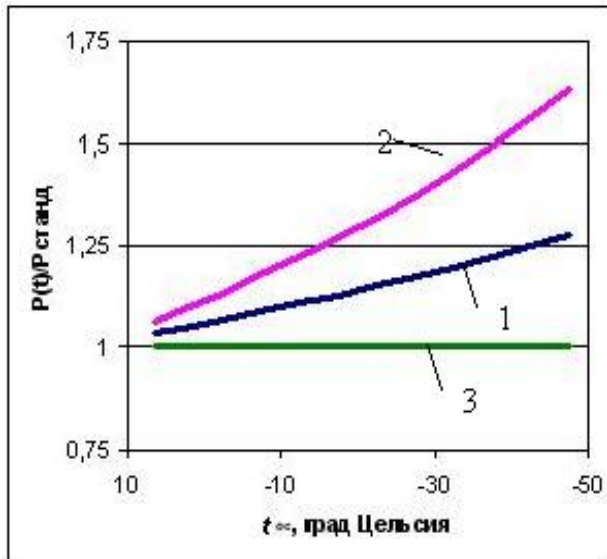


Рис. 3. Влияние  $t_{oc}$  на мощность ВКУ и ВЭУ      Рис. 4. Влияние  $t_{oc}$  на выработку энергии для Севера РФ в течение года

Условные обозначения: 1 – мощность на валу ветротурбины; 2 – мощность ВКУ по сжатию воздуха; 3 – расчет по стандартной атмосфере.

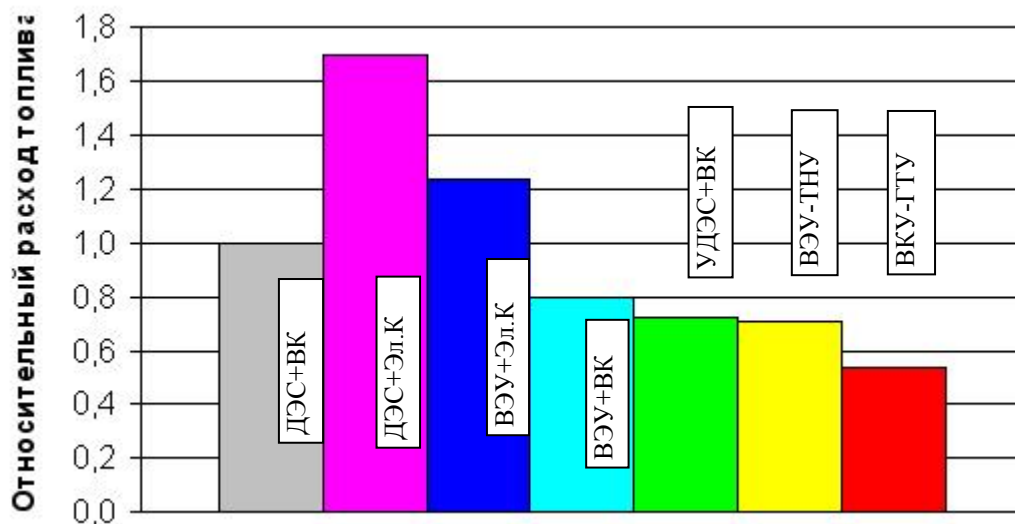


Рис. 5. Сопоставление различных схем тепло- и электроснабжения на базе ВЭУ.  
Условные обозначения: ДЭС – дизельная энергоустановка; УДЭС – ДЭС с утилизацией тепла отходящих газов; ВЭУ – ветровая энергоустановка; ВК – водогрейный котел; Эл.К – электродкотел; ТНУ – теплонасосная установка; ГТУ – газотурбинная установка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зубарев В.В., Минин В.А., Степанов И.Р. Использование энергии ветра в районах Севера. Л.: Наука, 1989.
2. Мастепанов А.М., Саенко В.В., Рыльский В.А., Шафраник Ю.К. Экономика и энергетика регионов Российской Федерации. М., Экономика, 2001 – 480 с.
3. Основы современной энергетики: современная электроэнергетика. В 2 ч. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 453 с.
4. Свидетельство на полезную модель №21425 «Ветроустановка», по заявке №2001124231 с приоритетом от 07.09.2001.
5. Кухарцев В.В., Спиридонов А.Г. Использование ветроэнергетических установок в промышленной энергетике горных предприятий // «Горный журнал», Специальный выпуск. – М., 2004. – С. 106-107.
6. Fritz Crotagino, Klaus-Uwe Mohmeyer, Dr. Roland Scharf Huntorf CAES: More than 20 Years of Successful Operation Orlando, Florida, USA, 2001.
7. Кухарцев В.В., Спиридонов А.Г., Абрамов Г.И. Рациональное использование энергии ветра в промышленной энергетике // Возобновляемая энергетика 2003: состояние, проблемы, перспективы: Сб. докл. Междунар. конф. 4-6 ноября 2003 г. – СПб, 2003. – С. 418-424.
8. Минин В.А. Перспективы применения ветроэнергетических установок для теплоснабжения потребителей Севера, М.: //Теплоэнергетика. – 2003. – №1.
9. Мотулевич В.П., Спиридонов А.Г., Кухарцев В.В. Системы тепло- и электроснабжения автономных потребителей с использованием энергии ветра // II Всероссийская школа-семинар молодых ученых и специалистов «Энергосбережение – теория и практика»: Сб. докл. – М.: МЭИ, 2004. – С. 271-274.

## БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И КУЛЬТИВИРОВАНИЕ СПИРУЛИНЫ

Нгуен Тхи Тхань Май, Н.Н. Колотилова

*Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова*

Цианобактерии рода *Spirulina* являются характерными планктонными формами и первичными продуцентами в различных соленых и щелочных водоемах. В ряде африканских содовых озер они служат основной пищевой базой фламинго. Некоторые представители - *Spirulina (Arthrospira) platensis*, *S. maxima* - издавна использовались в пищу жителями Мексики, стран Африки и Юго-Восточной Азии. Сегодня эти организмы являются важными объектами фотобиотехнологии во многих странах (Мексика, Бразилия, Гваделупа, Египет, Германия, Франция, Япония, США, Индия, Вьетнам, Украина, Узбекистан, Молдавия, Россия и т.д.). Они широко применяются для приготовления фармакологических препаратов, пищевых витаминно-минеральных добавок, получения кормов; разрабатываются методы использования их в замкнутых системах жизнеобеспечения, для решения задач

биоэнергетики и очистки окружающей среды.

Первые штаммы *Spirulina* были введены в интенсивную культуру в середине XX столетия. Методы их культивирования разрабатывались в Институте нефти во Франции (IFP), позднее – в других научных учреждениях (в том числе, в МГУ) [1,3]. Для выращивания применяются разнообразные системы открытого типа, а также закрытые реакторы, позволяющие вести процесс в стерильных условиях. Наиболее часто для культивирования используется среда Заррука, особенностью которой является высокая концентрация солей, в частности, бикарбоната натрия (в результате среда оказывается довольно дорогой, что делает производство не всегда рентабельным; поэтому традиционно ведутся исследования, направленные на удешевление среды).

Физиология цианобактерий рода *Spirulina* изучена не очень подробно. Исследованные штаммы являются облигатными фотоавтотрофами; они не способны к азотфиксации (в том числе, к анаэробному синтезу нитрогеназы) [2]. Ряд штаммов являются алкалофилами, растущими при  $pH > 10$ . Высказывалось предположение о функционировании у алкалофилов так называемого Na-типа энергетики.

Для исследований физиологии и биотехнологического потенциала имеющегося в коллекции кафедры микробиологии МГУ штамма *Spirulina* sp. RS была предварительно поставлена задача: проверить рост этого микроорганизма в разных условиях (разная аэрация и состав среды) и выбрать оптимальные условия культивирования.

Исходя из имеющихся возможностей, были выбраны следующие варианты аэрации: 1) стационарные условия (с ежедневным однократным перемешиванием культуры при отборе проб); 2) культивирование на качалке; 3) на установке с магнитной мешалкой; 4) при продувании воздухом, обогащенным  $CO_2$  (в последнем случае воздух предварительно пропускали через стерильный 5%-ный раствор  $NaHCO_3$ ). Опыты проводили при комнатной температуре и освещенности 300-600 лк, создаваемой лампами накаливания.

Наиболее высокая скорость роста была отмечена при продувании культуры воздухом, что может объясняться эффективным перемешиванием, удалением из среды  $O_2$  и наличием дополнительного источника  $CO_2$ . Скорость роста на качалке была сравнима или лишь немного выше скорости в стационарных условиях роста, что свидетельствует о достаточной эффективности ежедневного однократного перемешивания стационарной культуры. На установке с магнитной мешалкой рост культуры быстро прекращался, наблюдалось пожелтение и гибель клеток. Можно предположить, что губительное действие магнитной мешалки, в первую очередь, связано с механическим повреждением нитей цианобактерии. Таким образом, из четырех исследованных вариантов аэрации оптимальным представляется продувание культуры воздухом с  $CO_2$ .

Далее был исследован рост *Spirulina* sp. в следующих вариантах жидкой среды: 1) среда Громова №16; 2) среда Заррука; 3) модифицированная среда BG<sub>N</sub>-11 с повышенным содержанием  $NaHCO_3$  ( $pH > 10$ ); 4) «удешевленная» среда на основе минеральных удобрений: нитрофоски, натриевой селитры, калийных удобрений и соды. Как показали результаты, наиболее высокая скорость роста была на среде Заррука; рост на среде Громова №16 и модифицированной BG<sub>N</sub> -11 был умеренным и наиболее слабым – на среде с

минеральными удобрениями.

Другая попытка модификации среды с целью ее удешевления заключалась в использовании разбавленных сред. Для этого сравнивали рост *Spirulina* sp. на среде Громова №16, разбавленной в 10 и 100 раз. При этом наиболее высокая скорость роста наблюдалась на неразбавленной среде; разбавленные среды в первые сутки культивирования обеспечивали более низкие, но близкие скорости роста, однако со временем различие увеличивалось, что особенно сильно проявилось при последующих пассажах культуры (всего проведено 4 пассажа). Таким образом, полученные результаты подтверждают преимущество использования для культивирования *Spirulina* sp. высокоминерализованных сред, из которых оптимальной является среда Заррука.

Отношение цианобактерий рода *Spirulina* к антибиотикам практически не исследовано. Вместе с тем этот аспект может быть важен при получении чистой (аксеничной культуры) данного организма, при конструировании генно-инженерных штаммов или, в определенной степени, при выяснении взаимоотношений цианобактерии с другими членами микробного сообщества.

Для исследования устойчивости *Spirulina* sp. к антибиотикам был использован метод диффузии в агар. Культуру цианобактерии выращивали на агаризованной (0,5 – 1,5% агара) среде Громова №16, на которую помещали бумажные диски, пропитанные антибиотиками. Были проверены антибиотики, разнообразные по химическому составу ( $\beta$ -лактамы, аминогликозиды, макролиды, полипептиды, тетрациклины и т.д.) и механизму действия. Следует отметить, что в отличие от неподвижных одноклеточных и ряда нитчатых цианобактерий, нити *Spirulina* активно движутся в агаризованной среде, что позволяет им «уходить» из области действия антибиотика. Кроме того, особенностью «поведения» на твердой среде данной нитчатой цианобактерии является образование колец из нитей, тесно прилегающих друг к другу, что, вероятно, позволяет противостоять вредным воздействиям (например, высыханию или действию химических реагентов). При таком «поведении» картина роста на агаризованной среде с антибиотиками выглядит менее определенно, чем это наблюдается в случае неподвижных цианобактерий. Тем не менее, было четко показано подавляющее действие на *Spirulina* стрептомицина, линкомицина, эритромицина, левомицетина, олеандомицина. Действие тетрациклина, рифампицина, неомицина, цефалоспорины, ристомиицина было выражено слабее и наблюдалось не во всех вариантах опытов. Культура была устойчива к полимиксину, пенициллину, канамицину, карбенпенициллину, оксациллину. Эти данные, в основном, согласуются с результатами, полученными ранее в отношении ряда других исследованных цианобактерий (из родов *Synechocystis*, *Synechococcus*, *Plectonema*, *Anabaena*, *Fremyella* др.).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Возобновляемая энергетика. М.: МГУ, 1999.
2. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology / L.R.Boone, R.W.Castenholz, eds. Vol.1. NY, Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, 2001.
3. Etude de marche. Algues spirulines. Etude realisee par la Societe Sirius Conseil, Paris, 1991.

## ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ КАМЧАТКИ

А.А. Нуждаев<sup>1</sup>, В.В. Шанина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Камчатский Государственный Университет,*

<sup>2</sup>*МГУ им. М. В. Ломоносова*

Гидротермальная система - тип геотермальной системы, в которой тепло передается от источника тепла (часто - охлаждающегося магматического очага) к поверхности за счет «свободной конвекции» с привлечением «метеорных» флюидов, при этом магматические флюиды либо вообще не участвуют, либо участвуют незначительно. Гидротермальные системы разделяют на высокотемпературные (на глубине 1 км температура в резервуаре превышает 200-225° С) и низкотемпературные (эта температура ниже 125° С) [7].

По газовому составу высокотемпературные вулканические (по классификации А.Труделла) гидротермальные системы азотно-углекислые и углекислые низкоминерализованные, высокоэнтальпийные парогидротермы различного солевого состава [2]. На Камчатке известно десять таких систем, и почти все они расположены в пределах Восточного вулканического пояса: Паужетская, Кошелевская, Северо-Мутновская, Жировская, Больше-Банная, Узонская, Гейзерная, Семячинская и Академии Наук. В.В.Аверьев предположил, что они могут быть связаны на глубине единым фронтом теплового питания и выделил на Камчатке три геотермальных района: Паужетский, Мутновский и Семячинский [3].

Паужетский геотермальный район расположен на самом юге Камчатского полуострова на стыке Центрально-Камчатской и Западно-Камчатской структурно-фациальных зон [8]. С 1955 г. в районе начались детальные геологические работы, связанные с изучением в энергетических целях района Паужетских термальных источников. Основной структурой района является пологий свод округлой формы диаметром 40 км с амплитудой вертикального поднятия в центре около 2 км. Образование свода (формирование линзы базальтовой магмы) произошло 10-15 млн. лет назад, в конце миоцена - начале плиоцена. В плиоцен-нижнечетвертичное время в центре свода образовалась обширная просадка - Паужетская вулкано-тектоническая депрессия [4,6], которая испытала наибольшее погружение (до 1000-1200 м) в северо-западной части. К концу среднечетвертичного и в верхнечетвертичное время в районе обособляется ряд очагов кислого состава, приближенных к поверхности до 4-5 км и локализованных в полосе северо-восточного простирания, в центре депрессии и в районе Кошелевского вулкана [5] началась вулканическая деятельность, излились лавы андезитового, андезиодацитового и дацитового состава. Она завершилась внедрением экструзий и тектоническим поднятием. Максимальная амплитуда поднятия отмечена в юго-восточной части депрессии, где она составила 700-800 м. На границе верхнечетвертичного времени и голоцена наиболее поднятая часть района просела. Структурный контроль гидротермальной деятельности в районе определяется областями



развития пород средне-верхнечетвертичного времени и крупными зонами разломов. Наиболее высокотемпературные термопроявления связаны, вероятно, с близповерхностными очагами кислой магмы, возникшими в районе в средне-верхнечетвертичное время; в удалении от очагов (предполагаемых областей нагрева) встречаются лишь низкотемпературные термопроявления, расположение которых контролируют зоны разломов. На северо-востоке определяющими являются меридиональные разломы, на юго-западе - широтный разлом, а в центре структуры - разломы северо-западного простирания. Голоценовый вулканизм заметного влияния на гидротермальную деятельность в районе, по-видимому, не оказал [3].

На Паужетской гидротермальной системе пробурено несколько десятков разведочно-эксплуатационных скважин. Эксплуатационная мощность разведанной части верхнего водоносного потока составляет примерно 10 км<sup>2</sup> по площади и примерно 1 км в глубину и оценивается в 80 тыс. ккал/сек. Перспективы всей Паужетской гидротермальной системы, с вовлечением сопряжённых с ней вулканических структур Камбального хребта и вскрытием второго (глубинного водоносного горизонта), имеющего более высокие параметры гидротермального теплоносителя очень высоки, система сопоставима по тепловой мощности с Вайракейской гидротермальной системой в Новой Зеландии (прототип Паужетской системы), на базе которой работает одноимённая ГеоТЭС мощностью 150 МВт. На данной стадии Паужетская гидротермальная система только за счёт бурения современных геотермальных скважин на разведанном участке со средней единичной мощностью 5-7 МВт может вполне уверенно обеспечить работу 50 МВт ГеоТЭС [1].

В настоящее время на трех периферийных скважинах Паужетского геотермального месторождения проводится кратковременная закачка воды, по некоторым данным (Асаулова, Захаров, 2005) она неблагоприятно повлияла на состояние системы в целом. Во многом это связано с влиянием высокотемпературных растворов на свойства вмещающих пород, что ранее оставалось без внимания. Нами проведено несколько экспериментов (было создано две контрастных среды – рН=4 и рН=8, в которых в течение недели проводилось кипячение образцов туфов из скважины №13 – глубины 451-460 м). В первом случае произошла потеря массы грунта на 0,2% (при этом его плотность не изменилась – 1,88 г/см<sup>3</sup>), увеличение скорости распространения продольных волн на 5,7% (с 5,3 до 5,6 км/с), магнитная восприимчивость не изменилась (с 0,00386 ед. СИ - 0,00395 ед. СИ). Но данные этого эксперимента нельзя считать показательными, так как опущенный в раствор образец (объемом 8 см<sup>3</sup>) в течении нескольких часов изменил среду с кислой на щелочную и дальнейшее время кипятился в ней. Визуально процесс изменения сопровождался растворением (активным образованием пузырьков). Данный интересный факт может дать толчок к созданию новых моделей геотермальных систем, обоснованию возможности проведения закачки с целью минимизации потерь природных ресурсов и увеличению количества получаемой энергии.

В случае использования щелочной среды с самого начала, изменения массы образца

вулканического туфа практически не наблюдалось, но при этом скорость прохождения упругих волн увеличилась на аналогичную величину (0,3 км/с), более существенно увеличилась магнитная восприимчивость породы (от 0,00369 до 0,00414 ед. СИ). В настоящее время получены только предварительные данные, ведется создание новых контрастных сред, дальнейшее изучение изменившихся свойств, химического состава туфов и растворов, в которых они кипятились. Эксперименты продолжаются.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В.И., Белоусова С.П. Природные катастрофы и экологические риски геотермальной энергетики. Петропавловск-Камчатский: Издательство КГПУ. 2002. 132 с.
2. Власов Г.М. Основные черты геологического строения территории и ее районирование // Геология СССР. М.: Недра, 1964. Т. 31: Камчатка, Курильские и Командорские острова. Ч. I. С. 46-55.
3. Леонов В.Л., Структурные условия локализации высоко-температурных гидротерм. М.: Наука, 1989.
4. Литасов Н.Е., Огородов Н.В., Кожемяка Н.Н. и др. Паужетская вулcano-тектоническая структура // Вулканы и гидротермальные системы Камчатки: Материалы IV Всесоюз. вулканол. совещ. Петропавловск-Камчатский, 1974. С. 49-72.
5. Сережников А.И., Литасов Н.Е., Огородов Н.В. и др. Кошелевский вулканический массив // Бюл. вулканол. Станций. М.: Наука, 1973. № 49. С. 54-60.
6. Шеймович В.С. Особенности развития дочетвертичных вулcano-тектонических депрессий на Камчатке // Геотектоника. 1974. № 6. С. 118-125.
7. Hochstein M.P., Browne P.R.L. Surface Manifestations of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources // Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press. 2000. P.835-855.
8. Truesdell A.H. Geochemical techniques in exploration // Proc. Sec. U.N. Symposium Develop. and Use of Geotherm. Resources. Washington, 1976. Vol. 1. P. LIII-LXXIX.

#### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЕКТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

И.В. Прокопченко, А.В. Мордынский, М.Ж. Сулейманов, С.Е. Фрид, О.С. Попель  
*Институт высоких температур РАН, г. Москва*

Солнечный коллектор (СК) является основным элементом нагревательных установок, в котором энергия излучения Солнца преобразуется в полезную тепловую энергию. Основными элементами типичного плоского СК являются: «черная» теплопоглощающая панель, которая поглощает солнечную радиацию и передает ее энергию теплоносителю, расположенная над ней прозрачная для солнечного излучения теплоизоляция, которая уменьшает фронтальные конвективные и радиационные потери в атмосферу, теплоизоляция нижней и боковых сторон теплопоглощающей панели, которая снижает потери за счет теплопроводности.

Наиболее интересной с точки зрения повышения эффективности СК является задача снижения фронтальных тепловых потерь, т.к. тыльные и боковые тепловые потери при необходимости могут быть снижены за счет увеличения толщины теплоизоляции и не представляют интереса для дальнейшего анализа.

Известно [1], что КПД СК может быть описан упрощенным соотношением:

$$\eta = (\tau\alpha) - U_L \left( \frac{T_p - T_a}{S} \right), \text{ где}$$

$(\tau\alpha)$  – оптический КПД СК,  $U_L$  – коэффициент тепловых потерь,  $T_p$  – средняя температура теплопоглощающей панели, °С,  $T_a$  – температура наружного воздуха, °С,  $S$  – плотность потока солнечного излучения в расчете на 1 м<sup>2</sup> поглощающей панели, Вт/м<sup>2</sup>,  $\tau$  – интегральный коэффициент пропускания солнечного излучения фронтальным ограждением,  $\alpha$  – интегральный коэффициент поглощения солнечного излучения поверхностью теплопоглощающей панели. Коэффициент потерь  $U_L$  помимо прочих теплоизоляционных характеристик тыльной, боковых и фронтальной сторон СК зависит от коэффициента излучения поверхности нагретой панели в тепловом спектре  $\varepsilon$ , а также от параметров, определяющих условия радиационного теплообмена панели с атмосферой: коэффициентов пропускания и отражения теплового излучения панели фронтальным прозрачным ограждением.

Целью настоящей работы является оценка возможного влияния изменения перечисленных оптических характеристик панели и прозрачного ограждения на эффективность преобразования энергии солнечного излучения в солнечных коллекторах.

На практике «управление» оптическими свойствами панели и прозрачного ограждения осуществляется путем нанесения на их поверхности так называемых селективных оптических покрытий. Физической основой возможного раздельного влияния на перечисленные оптические характеристики является слабое перекрывание спектров солнечного излучения (98% этого излучения приходится на область длин волн менее 3 мкм) и теплового излучения панели (при характерных рабочих температурах до 100°С менее 1% теплового излучения приходится на область длин волн менее 3 мкм).

В простейших «неселективных» СК металлическая теплоприемная панель окрашивается в черный цвет, причем такое покрытие, как правило, имеет коэффициент поглощения  $\alpha$  близкий к 1 (реально 0,92-0,95) и такой же коэффициент излучения  $\varepsilon$ . Обычное стекло, используемое в качестве прозрачного ограждения, имеет коэффициент пропускания солнечного излучения  $\tau$ , равный около 0,89 (стекло толщиной 4 мм с низким содержанием окислов железа) и практически непрозрачно в инфракрасном диапазоне. Непропускание теплового излучения нагретой панели прозрачным ограждением является важным фактором, обуславливающим реализацию так называемого «парникового» эффекта, положительно сказывающимся на повышении КПД СК. Неселективный СК рассматривается как базовый для дальнейшего анализа влияния селективных покрытий на эффективность преобразования солнечной энергии.

Существуют два основных практически значимых подхода к эффективному использованию селективных покрытий в СК:

А) нанесение на панель селективного покрытия, сохраняющего высокое значение  $\alpha$  и уменьшающее  $\varepsilon$ . С помощью селективных покрытий типа «черный хром», «черный никель» и др. достигаются значения  $\varepsilon$  на уровне 0,1–0,05.

Б) нанесение на внутреннюю поверхность прозрачного ограждения селективного покрытия с высоким значением коэффициента отражения теплового излучения при сохранении высокого коэффициента пропускания солнечного излучения  $\tau$ .

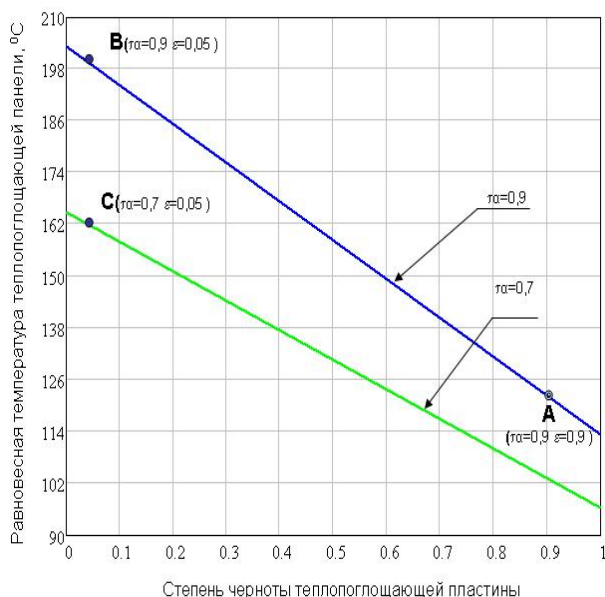


Рис. 1. Равновесная температура панели СК в зависимости от степени черноты.

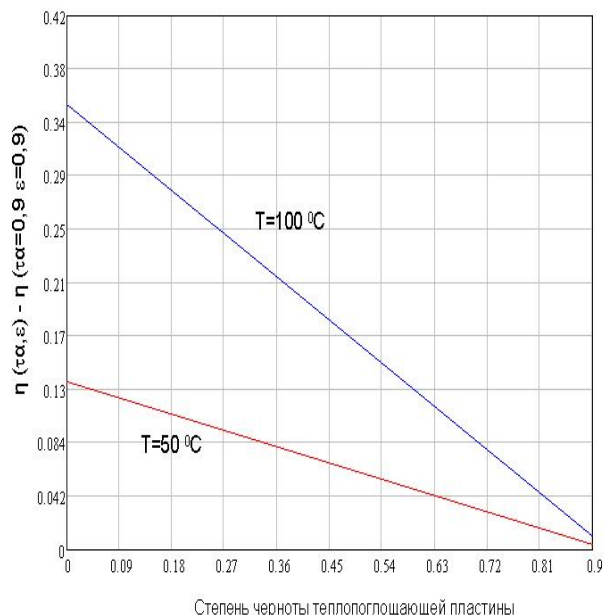


Рис. 2. Влияние селективности теплопоглощающей панели на КПД СК.

Не рассматривая структуру и технологии нанесения, отметим, что, к сожалению, создание идеальных селективных покрытий с приемлемыми экономическими показателями практически не возможно: как правило, нанесение покрытия на панель с низким значением  $\varepsilon$  приводит к некоторому снижению  $\alpha$  (современные технологии нанесения покрытий позволяют это снижение минимизировать), а нанесение покрытий с высоким коэффициентом отражения теплового излучения на прозрачное ограждение ведет к весьма значительному снижению  $\tau$ .

Выполненные расчетные исследования были направлены на количественную оценку возможности повышения эффективности солнечных коллекторов с учетом указанных обстоятельств.

На рис. 1. представлена зависимость равновесной (без прокачки теплоносителя,  $\eta = 0$ ) температуры панели СК от степени черноты пластины  $\varepsilon$  при типичных тепловых потерях через тыльную и боковые стороны ( $1 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ ). Расчеты проводились при  $(\tau\alpha)=0,9$ , облученности  $S=1000 \text{ Вт/м}^2$  и температуре окружающей среды  $T_a = 20^\circ\text{C}$ .

Точка А на рис.1 соответствует одностекольному неселективному СК с оптическим кпд около 0,9. Равновесная температура панели в этом случае достигает  $116^\circ\text{C}$ . Нанесение селективного покрытия на панель с уменьшенной излучательной способностью в спектре

теплового излучения панели (при сохранении оптического КПД) приводит к увеличению равновесной температуры до 190°C (точка В,  $\varepsilon = 0,05$ ). Расчеты показали, что даже при снижении  $(\tau\alpha)$  до 0,7 (что соответствует очень плохо спроектированному СК) равновесная температура панели будет выше на 40–50 (точка С) градусов, чем у неселективного коллектора.

На рис. 2 представлен график, показывающий влияние селективности на КПД СК, при характерных температурах теплопоглощающей панели 50°C и 100°C. По оси ординат отложена разность КПД селективного СК в зависимости от степени черноты при  $(\tau\alpha)=0,9$  и неселективного СК (при  $(\tau\alpha)=0,9$  и  $\varepsilon=0,05$ ). Увеличение КПД за счет применения селективного покрытия может составить 12% при  $T_p=50^\circ\text{C}$  и 32% при  $T_p=100^\circ\text{C}$ .

Как отмечено выше, оптические свойства селективных покрытий, наносимых на поглощающую панель, практически идентичны таковым у неселективных красок. При нанесении же теплоотражающего покрытия на стекло прозрачность стекла в диапазоне солнечного излучения заметно снижается. Для количественной оценки эффективности работы СК с покрытием на стекле, важным фактором является определение предельного снижения оптического КПД СК, при котором КПД коллектора будет равен КПД неселективного СК. Лишь в этом случае использование селективного покрытия имеет практический смысл и будет приводить к повышению эффективности работы коллектора.

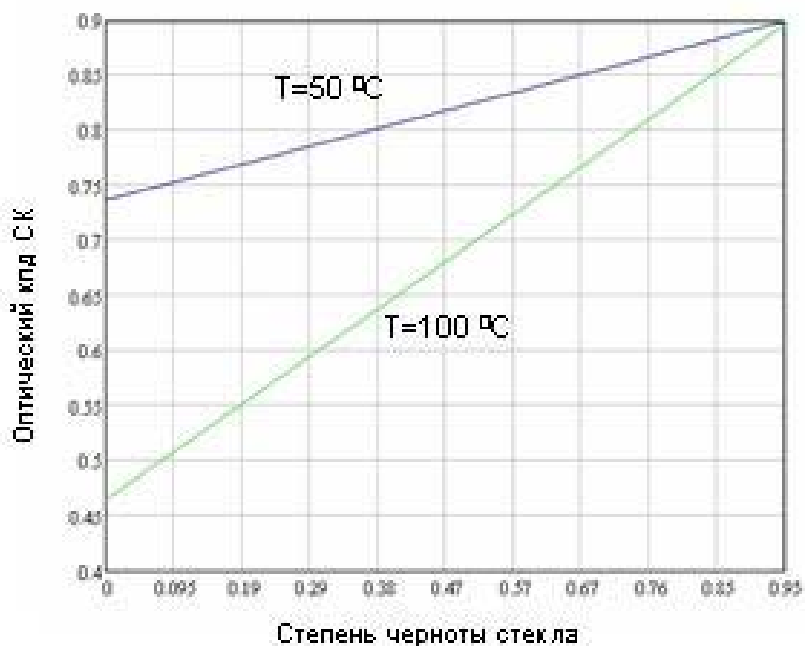


Рис. 3. Зависимость оптического КПД от степени черноты стекла.

Рис. 3. показывает допустимые пределы снижения оптического КПД СК в случае использования селективного покрытия на стекле, из графика видно, что при  $T_p=50^\circ\text{C}$  значение оптического КПД может снижаться до 75%, а при  $T_p=100^\circ\text{C}$  – до 48%.

Таким образом, нанесение селективных покрытий на теплопоглощающую панель СК в области небольших рабочих температур, характерных для водонагревательных установок (50°C) приводит к небольшому, но заметному увеличению КПД коллектора (12%). Для более

высокотемпературных установок ( $100^{\circ}\text{C}$ ) выигрыш от нанесения покрытия на панель становится более существенным (32%). Являющаяся косвенной характеристикой эффективности работы СК равновесная температура при этом возрастает более, чем в 1,5 раза (со  $116^{\circ}\text{C}$  до  $190^{\circ}\text{C}$ ). Нанесение селективно-отражающих покрытий на стекло для низкотемпературных систем ( $50^{\circ}\text{C}$ ) по-видимому нецелесообразно, поскольку предельный уровень, до которого может снижаться оптический КПД составляет 75% (допустимое снижение – всего 15%). Для высокотемпературных систем ( $100^{\circ}\text{C}$ ) допустимое снижение оптического КПД возрастает до 42%, так что их экономически эффективное применение в данном случае весьма вероятно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дж.А. Даффи, У.А. Бекман Тепловые процессы с использованием солнечной энергии, М., «Мир», 1977.

### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.В. Пугачев, Н.К. Малинин

*Московский Энергетический Институт (Технический Университет)*

Развитие современного топливно-энергетического комплекса России происходит в условиях, которые существенно отличаются от тех, которые имели место в бывшем СССР. В том числе: резкое повышение цен на ископаемое топливо; значительное повышение значимости социально-экологических факторов; рост политической и экономической самостоятельности регионов и т.д. и т.п.

Все перечисленное выше, а также и другие немаловажные факторы, заставляют Россию, по-новому оценить возможности и перспективы использования богатейших ресурсов возобновляемых источников энергии. В первую очередь – для энергоснабжения автономных потребителей России, расположенных, как правило, в удаленных или труднодоступных регионах страны и, в первую очередь – Северных, где расположено большое число автономных потребителей разного назначения с системами энергоснабжения (СЭС) на базе дизельных энергоустановок (ДЭУ), потребляющих сегодня миллионы тонн дефицитного и постоянно дорожающего дизельного топлива.

Поэтому, весьма перспективной и актуальной представляется задача исследования эффективности использования богатых ветроэнергетических ресурсов Севера России для разработки гибридных систем энергоснабжения на основе ветродизельных энергокомплексов (ВДЭК), адаптированных к суровым климатическим условиям указанных регионов страны.

В данной работе рассматривается актуальная и перспективная для северных регионов

России задача: исследование технико-экономической эффективности ВДЭК для СЭС автономных потребителей (АП) специального назначения. В качестве примера взят АП на мысе Сеть-Наволоок (Мурманская область), на входе в Кольский залив.

Известно, что АП «Сеть-Наволоок» управляется автоматически без наличия постоянного эксплуатационного персонала. Ремонтный или временный персонал находится в жилом доме, который в обычном режиме не эксплуатируется (см. табл.1).

Следует также отметить, что для месторасположения исследуемого АП на сегодняшний день не имеется фактических данных наблюдений за скоростями ветра. В связи с этим в данной работе были выполнены объемные исследования по расчету энергетических характеристик ветра для АП мыса Сеть-Наволоок на основе соответствующих данных по гидрометеостанциям (ГМС) – аналогам, расположенным в радиусе 50–70 километров от АП «Сеть-Наволоок». В качестве таковых были отобраны ГМС «Цып-Наволоок», «Ура-Губа» и другие.

Таблица 1. Характеристики АП «Сеть-Наволоок»

| Потребитель                               | Категория надежности | Максимум нагрузки, кВт | Рабочее напряжение, В | Режим обслуживания (управление)    | Режим работы в течение суток (по нагрузке) |
|-------------------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|
| Технологическая аппаратура                | Ia                   | 7,0                    | 220                   | Автоматический; мониторинг         | Постоянный                                 |
| Система климатической аппаратуры          | I                    | 4,0                    |                       | Автоматический; мониторинг         | Циклический                                |
| Световое ограждение (заградительные огни) | I                    | 0,78                   |                       | Ручной; автоматический; мониторинг | От уровня освещенности                     |
| Наружное электроосвещение                 | II                   | 3,0                    | 380                   | Ручной автоматический              | От уровня освещенности                     |
| Жилой дом                                 | III                  | 6,0                    | 220                   | –                                  | –                                          |
| Собственные нужды резервных ДЭУ           | I                    | 5,0                    |                       | Автоматический                     | Циклический                                |

Анализ полученных в результате исследований данных по ветроэнергетическим ресурсам на мысе «Сеть-Наволоок» показал следующее.

Среднегодовая скорость ветра на мысе Сеть-Наволоок равна 9 м/с (рис.1,а и б), что говорит о высоком потенциале ветроэнергетики в данном регионе. Удельный валовой потенциал ветроэнергетики здесь составляет 8600 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. Для расчета указанного потенциала был предварительно выполнен системный анализ перспективных видов ВЭУ для

СЭС АП «Сеть-Наволоок» на основе данных современных маркетинговых исследований за 2005 год. Было рассмотрено несколько типов ВЭУ мощностью от 5,0 до 30,0 кВт, которые выпускаются сегодня в России в серийном производстве и пригодны для использования в суровых климатических условиях Севера России. Для окончательного сопоставления были отобраны два типа ВЭУ: ВЭУ «ЛЭМЗ» мощностью 30 кВт с технологией «pitch wind», выпускаемой Лианозовским электромеханическим заводом (ЛЭМЗ), г. Москва, и ВЭУ мощностью 5 кВт типа «Бриз-5000», выпускаемой НПО «Электросфера», Санкт-Петербург.

Для решения задачи по обоснованию эффективности работы ВДЭК на автономного потребителя было разработано специальное методическое и программное обеспечение на Visual Basic for Application для Microsoft Excel 2000. В созданных алгоритмах и программах предусмотрена возможность проведения целого ряда исследований по оценке влияния различных факторов на рассчитываемые энергетические и финансово-экономические показатели – дискретность срочных наблюдений, внутрисуточные колебания скоростей ветра, недельную неравномерность нагрузки, удельный расход дизельного топлива, стоимость топлива, емкость аккумуляторных батарей и т.д.

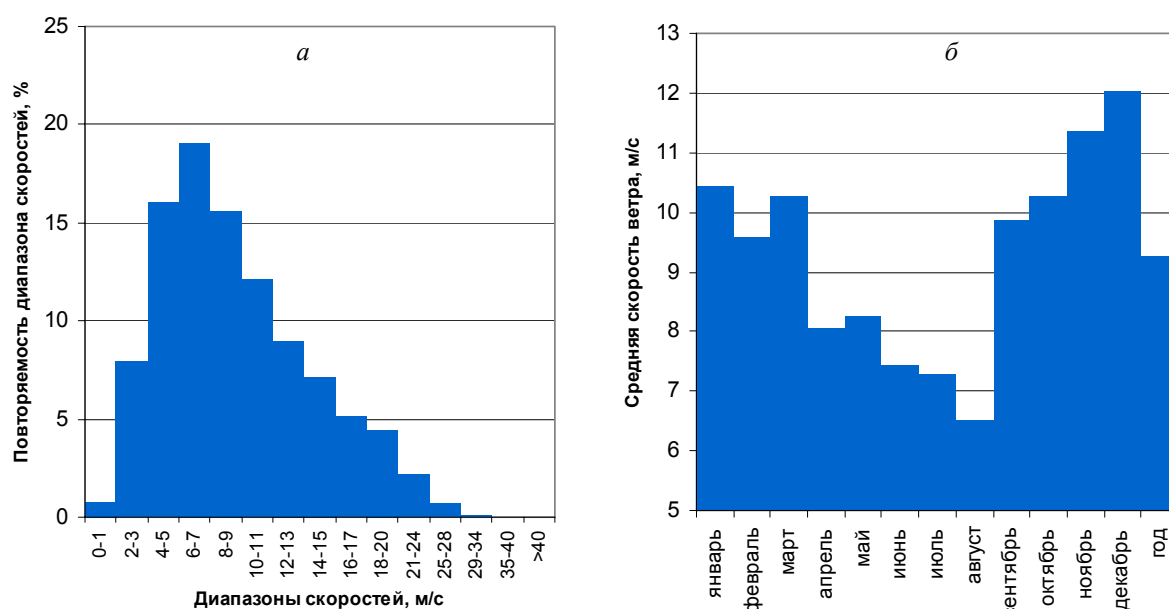


Рис. 1. Скоростной режим исследуемой площадки мыса Сеть-Наволоок:  
*а* – дифференциальные повторяемости скоростей ветра; *б* – среднемесячные скорости ветра.

Анализ экономической эффективности показал следующее (см. табл. 2): использование одного или двух ветроагрегатов типа «ЛЭМЗ» в составе ВДЭК для энергоснабжения АП «Сеть-Наволоок» оказалась наиболее благоприятной для инвесторов по сравнению с рассмотренным вариантом шести ВЭУ типа «Бриз-5000». В частности, для одного агрегата типа «ЛЭМЗ» в диапазоне стоимости топлива от \$4/л до \$12/л было получено, что срок окупаемости ВЭУ находится в интервале от 4,7 до 0,9 года; доход – от \$0,5 млн до \$3,7 млн



за расчетный период 20 лет. Соответствующие значения для варианта двух ВЭУ типа «ЛЭМЗ» составили: от 3,3 до 0,85 года; от \$1,5 млн до \$7,3 млн. Все приведенные результаты соответствовали варианту расчета режимов ВЭС с учетом фактического графика нагрузки. Таким образом, результаты расчетов убедительно показали высокую эффективность использования ВЭУ типа «ЛЭМЗ» в СЭС автономных потребителей северных регионов России в современных условиях.

## ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ РАЗВИТИЯ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Д.С. Разгоняев, О.Г. Алексеева

*Государственный университет управления, г. Москва*

Малая энергетика настойчиво стучится в дверь современной экономики. Увлечение гигантоманией постепенно проходит. Мы всё чаще приходим вроде бы к тривиальному и старому, как наш мир, принципу: однобокое увлечение (и в моде, и в идеологии, и в технике) чаще всего нерационально. Всегда при принятии каких-либо решений необходимо считать, сравнивать, прогнозировать будущие ситуации и...возможные сложности во взаимоотношениях с партнёрами, с местными властями, с конкурентами, с завистниками, с окружающими людьми (например, с соседями). А это означает, что надо определяться с нормативно – правовыми нормами, под действие которых попадает реализация нашего плана, проекта, чудесной идеи.

Действующие нормативно-правовые акты («правовое поле» нашей предполагаемой деятельности, проектирования, поиска инвесторов и т.д.) не всегда «дружественны» по отношению к нашим планам и проектам.

Не лучше положение, если вообще отсутствуют нормативно-правовые отношения в области предполагаемой реализации наших проектов, планов или нормативно-правовая база в этой области богата «дырами» и несоответствиями.

Очень часто может оказаться, что «гладко было на бумаге, да забыли про овраги, а по ним-то ведь ходить!» и реализовать задуманное бывает очень и очень трудно, а часто практически невозможно.

При практической работе в области малой энергетики и при использовании возобновляемых источников энергии (а это очень часто как раз область малой энергетики!) может возникнуть необходимость решать массу разнородных и огромных по объёму правовых отношений, которые никак не проработаны (или очень слабо проработаны и опробованы практически) с точки зрения нормативов, законов, современного практического права.

Особенно это относится к настоящему времени в России (затянувшийся период непрерывного реформирования и частой смены экономических, правовых и экологических ориентиров и приоритетов). Старые нормы и правовые отношения всё чаще в условиях так

называемой «переходной рыночной экономики» не срабатывают(или просто не могут быть применены и использоваться), а новых просто нет или они не составляют единую правовую систему.

Таких примеров и вопросов можно привести множество. Инициативный хозяин решил установить ветрогенератор (установку для производства биогаза, локомобиль, газогенераторный модуль и т.д.) на своей усадьбе (на дачном участке, на «ничейной земле» и т.д.). Какие правила на допустимую мощность, высоту установки, уровень шума и т.д. необходимо соблюдать?! Где и каким образом можно утвердить проект, пройти экологическую экспертизу, получить разрешение на эксплуатацию и на использование «неудобий» и заброшенных пустырей? Каким образом на «бесхозном» ручье можно установить мини-гидроэлектростанцию? Каким образом застраховать её безопасность? Где и как получить лицензию (и нужна ли она?!) и провести экологическое страхование? Каким образом вырабатываемая энергия (или энергоёмкий продукт, материал) может поставляться потребителю? Кто и на каком основании её сертифицирует?

Вопросов очень много и без их решения, без срочной разработки современной нормативно-правовой базы, ни малая энергетика, ни массовое использование возобновляемых источников энергии в малой энергетике, как нам кажется, не могут быть практически и экономически целесообразно реализованы.

## СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ БИОГАЗА В СИНТЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО

А.Д. Романов, М.А. Мартьянов

*Нижегородский государственный технический университет, ООО*

*«Углеводород»*

Промышленная добыча нефти началась более 150 лет назад. За прошедшие с тех пор полтора века человечество уже израсходовало более половины нефтяных запасов. Вначале нефть использовалась в качестве источника тепловой энергии, теперь это стало экономически невыгодно. С наступлением автомобильной эры продукты фракционирования нефти в основном применяются в качестве моторного топлива. К 2010 году запасы нефтяных месторождений в значительной степени истощатся, соответственно возрастет стоимость добычи нефти и мир вплотную столкнется с проблемой использования альтернативных (ненефтяных) источников получения бензина и других видов топлива.

Интересы производителей моторных топлив нацелены на поиск альтернативных источников сырья для производства моторных топлив. В пользу такой оценки свидетельствует тот факт, что страны, испытавшие топливно-энергетический кризис, давно начали такие работы и достигли определенных положительных результатов. Так, в Германии в 30–40-е и в ЮАР в 50–70-е годы прошлого века были созданы и эксплуатируются заводы по производству моторных топлив из угля, в США и западноевропейских странах

интенсивно разрабатываются процессы производства моторных топлив из природного газа.

Все технологически реализованные процессы конверсии газа в жидкость объединяет первая стадия - стадия получения синтез-газа, который представляет собой смесь оксида углерода CO и водорода H<sub>2</sub>. Состав исходного синтез-газа для использования в синтезе моторных топлив определяется объемным соотношением  $f = (H_2 - CO_2)/(CO + CO_2)$ , которое находится в пределах 1,5-2,4 (оптимум около 1,8-2,0). Содержание инертных компонентов (N<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>) в синтез-газе суммарно не должно превышать 6% об. При получении высокооктанового бензина по данной технологии не существует жестких ограничений на содержание CO<sub>2</sub> в исходном синтез-газе – оно может быть в пределах от 1 до 10 об.%, его величина ограничивается только принадлежностью f интервалу 1,5-2,4 (предпочтительно в пределах 1,8-2,0).

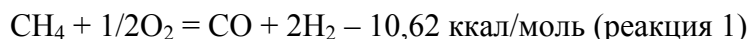
При снижении объемного соотношения  $f = (H_2 - CO_2)/(CO + CO_2)$  в исходном синтез-газе от 2 до 1,8 уменьшается примерно на 20% производительность процесса, но растет содержание ароматических углеводородов в бензине и, соответственно, увеличивается октановое число бензина.

Существуют особые требования к наличию в синтез-газе соединений, содержащих атомы серы и азота. Суммарно их количество в синтез-газе должно быть в пределах, не превышающих 20 мг/нм<sup>3</sup> (в пересчете на элементы). Предпочтительно содержание S- и N-соединений не более 2 мг/нм<sup>3</sup>.

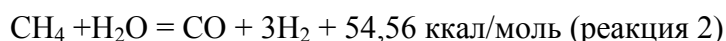
Кроме перечисленных соединений, также в синтез-газе должны отсутствовать кислород (не более 0,1% об.), масло, механические примеси и пары воды.

Синтез-газ из природного газа получают с помощью технологических процессов, которые можно разделить на две большие группы:

парциальное окисление метана

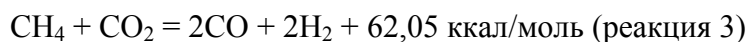


и паровой риформинг



Реакции (1) и (2) могут протекать в термическом и термokatалитическом режимах. Как правило, термokatалитические процессы дают более качественный конечный продукт с меньшим числом таких побочных продуктов, как вода и диоксид углерода.

В каждой из этих реакций образуется CO<sub>2</sub>, который вступает в реакцию с метаном:



Существуют различные технологии получения топлива. Как добыча нефти нетрадиционными способами: переработка нефтеносных песков, ... так и получение синтетического топлива различными способами: получение синтез газа из CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>, переработка биомассы, получение углеводородов из водорослей, лиан, получение синтез газа газификацией угля, переработкой попутных нефтяных газов, шахтного метана.

На станциях по переработке хозяйственно-бытовых стоков, городские стоки биологически перерабатываются в густой осадок. При таком процессе обработки

термофилами вырабатывается большое количество биогаза (метана  $\text{CH}_4$  около 60 об%, углекислого газа  $\text{CO}_2$  около 40 об %). В настоящее время биогаз, практически нигде не используется и выбрасывается в атмосферу как отходы процесса обработки стоков.

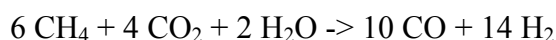
Предлагаемый нами вариант аппарата позволяет получать синтез-газ (смесь водорода  $\text{H}_2$  и монооксида углерода  $\text{CO}$ ) из биогаза с последующим синтезом бензина. Затраты энергии на получение 1 литра бензина составляют 4,5 – 5 кВт/ч электроэнергии.

В каждом крупном городе существует станция по очистке сточных вод. На многих из них установлены метан-тенки для сбраживания осадка. В среднем можно считать что с каждого миллиона жителей вырабатывается 10 млн.  $\text{м}^3$  биогаза в год.

Разрабатываемые установки предназначены для переработки биогаза, выделяемого очистными сооружениями промышленных и бытовых сточных вод, полигонами по переработке твердых бытовых отходов. Получаемое синтетическое топливо полностью аналогично по своим свойствам обычному дизельному топливу и бензину. В этом смысле проект не является предложением по производству альтернативных видов топлива (спирты, растительные масла, сжатые или сжиженные газы), поэтому экономическое сравнение разумно проводить лишь с обычными видами топлива (бензин, диз. топливо).

Прямое получение жидких углеводородов из метана, содержащегося в биогазе, практически не реализуемо, поэтому процесс разделен на два этапа:

1. Получение синтез-газа (смесь водорода  $\text{H}_2$  и монооксида углерода  $\text{CO}$ ) из биогаза в барботажной ванне с жидким теплоносителем (расплав металла) при температуре 1400 – 1600 С и повышенном давлении по суммарной реакции



Было показано, что при указанных условиях и соотношении метана и диоксида углерода равновесие реакции полностью сдвинуто вправо, т.е. на выходе имеется практически чистый синтез-газ.

Состав равновесной смеси  $\text{CH}_4, \text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2, \text{CO}$  и  $\text{H}_2$  при различных температурах, % об. ниже:

| <b>T, K</b> | <b><math>\text{CH}_4</math></b> | <b><math>\text{H}_2\text{O}</math></b> | <b><math>\text{CO}_2</math></b> | <b><math>\text{CO}</math></b> | <b><math>\text{H}_2</math></b> |
|-------------|---------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1000        | 6.3                             | 6.3                                    | 1.9                             | 19.0                          | 66.5                           |
| 1100        | 2.3                             | 2.6                                    | 0.6                             | 22.5                          | 72.0                           |
| 1200        | 0.3                             | 0.8                                    | 0.1                             | 24.3                          | 74.5                           |

2. Получение жидких углеводородов из синтез-газа проводится в реакторах с катализатором при температуре 300 – 400 С и давлении до 50 атм. Было показано, что селективность выхода бензиновой (топливной) фракции при соответствующем выборе катализатора и параметров процесса достигает 70 %.

Кроме этих двух основных этапов необходимо принимать во внимание необходимость промежуточной очистки синтез-газа и финальной ректификации или крекинга бензиновой фракции с целью получения товарного бензина.

В ходе реализации проекта планируется сокращение вредных выбросов в атмосферу на 12 000 000 м<sup>3</sup> биогаза состоящего - 60% метана и 40% CO<sub>2</sub> или исходя из потенциала глобального потепления (GWP) общее количество выбросов в пересчете на CO<sub>2</sub> составляет 116 700 тонн.

Из этого объема выбросов планируется получать 5 млн литров синтетического бензина в год. Предполагаемая конечная цена синтетического бензина составляет на сегодняшний день 7 – 9 руб/л. Под бензином мы понимаем товарную фракцию не уступающую по свойствам бензину АИ-76, его цена на сегодняшний день составляет 14 р/л.

Предлагаемая технология получения синтез-газа из биогаза разработана и запатентована ООО «Углеводород», принадлежит к классу GTL (gas to liquid) процессов

#### Реализация технологий получения синтетического топлива в мире

«**ЭКССОНМобил**» - завод высокооктанового бензина и метанола в Новой Зеландии мощностью 14,5 тыс. баррелей в сутки (1600 т) или 590 тыс. т в год, (технология AGC-21). Самыми крупными являются проекты компании *Exxon* по строительству заводов в Катаре и на Аляске

«**Шелл**» - завод, выпускающий 15 тыс. баррелей в сутки авиационного керосина и нефти, в Бинтулу, Малайзия (технология SMDS). Применение нового катализатора позволило увеличить выход продукции на 20% при сохранении объема перерабатываемого газа. Мощность завода увеличилась с 1.5 до 1.8 тыс.т/сут. В последующие несколько лет планируется пустить еще четыре технологические линии, что поднимет мощность до 8.8 тыс.т/сут. В Египте подписано соглашение между Египетской нефтяной корпорацией, фирмой «Шелл» и Египетским министерством нефти на строительство завода СПГ с одной установкой и завода КГЖ мощностью 75 тыс. баррелей в сутки средний (нефтяной) дистиллят - реактивного керосина. Кроме того, компания «Шелл» сообщает о возможности строительства семи заводов КГЖ – в Иране, Малайзии, Тринидаде, Египте, Аргентине, Западной и Северной Австралии.

«**Сасол**» - завод Моссгас мощностью 5 млн т ряда продуктов в год в ЮАР (низкотемпературная технология Сасол). Совместное предприятие компаний «Шеврон» и «Сасол» ведет строительство двух производственных линий суммарной производительностью 30 тыс. баррелей в сутки в Эскарвосе (Нигерия). В настоящее время обсуждается вопрос о переводе завода Моссгас на получение более ценных продуктов тонкого органического синтеза.

Имеется сообщение о пуске фирмой **BPAmoco/Arco** в апреле текущего года завода в Никиски (Аляска).

Фирма «**Синтролеум**» (штаб-квартира в г. Тулса, Оклахома) строит завод Свитуотер в Западной Австралии.

Компания «**Рентех Инк.**» (США) сообщает, что располагает полной технологией КГЖ, однако сегодня имеет только экспериментальный завод Сэнд Крик по получению метанола.

## ГЕЛИОИМИТАТОР

А.В. Смирнов<sup>1</sup>, И.И. Тюхов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Марийский государственный университет,* <sup>2</sup> *ВИЭСХ, г. Москва*

В настоящее время в нашей стране и за рубежом уделяется значительное внимание использованию солнечной энергии, поэтому изучение принципов работы гелиоустановок имеет большое значение в учебных программах высших учебных заведений. Разработка лабораторных установок для знакомства студентов с принципами наиболее эффективного использования солнечной энергии является важной задачей.

Установки, моделирующие приход солнечного излучения имеют общее название – гелиоимитатор (heliodon). Гелиоимитатор - это устройство, используемое для моделирования солнечных углов и оценки затененности от зданий и особенностей ландшафта.

Модели подобного типа могут выполнять следующие полезные функции:

- обучающая: достаточно наглядно показывает, как движется Солнце по небу в течение суток и изменяет свои траектории в различные времена года, а так же как зависит длина дня от географической широты, на которой расположен рассматриваемый объект;

- проектировочная: при проектировании солнечных зданий имеется возможность визуально проверить, с какой стороны на здание будут падать солнечные лучи в различные времена года и часы суток, при создании пропорциональных моделей зданий можно выбрать удобное место для расположения солнечного дома с учетом теней отбрасываемых другими зданиями. Так же при проектировании зданий сложной формы проще выбрать оптимальное месторасположение установок использующих энергию Солнца.

Главным достоинством всех физических моделей движения Солнца является то, что благодаря ним возможно более просто и доходчиво объяснить явления и процессы, связанные с солнечной геометрией, такие как прямолинейность движения солнечных лучей, формирование тени, отражение солнечных лучей от зданий.

**Конструкция лабораторной установки.** Схема установки с нанесением основных размеров показана на рисунке 1. Установка изображенная на чертеже находится в исходном состоянии, описываемом следующими величинами:

- 1) широта исследуемой местности  $0^0$ ;
- 2) время года соответствует дню равноденствия;
- 3) время суток – 12.00.

Данная установка состоит (рис. 1) из источника света 4, лучи которого дают небольшое по диаметру световое пятно на расстоянии 0,5 м, который оснащен автономным источником питания в виде батареек (светодиодный фонарик), источник света закреплен на подвижной траверсе 1 позволяющей, перемещать источник вдоль ее оси. Это позволяет осуществлять регулирование моделируемого времени года. Шкала для точного осуществления данного процесса наклеена на планку 3. Траверса в свою очередь фиксируется на двух дугах 5 при

помощи специальных креплений, основу которых составляют зажимные болты 2. Дуги необходимы для регулирования моделируемого времени суток и на них расположена шкала. Дуги в свою очередь стягиваются планками 12, которые в свою очередь закреплены на оси 10, вращение всей этой конструкции вокруг оси позволяет, изменять географическую широту моделируемой местности. Фиксация конкретной широты осуществляется при помощи зубчатого колеса 9 и защелки 8. На колесе расположена шкала регулирования широт, цена деления которого равна  $8^{\circ}$ , регулирование осуществляется в пределах от  $0^{\circ}$  до  $64^{\circ}$  и включает в себя значение равное  $56^{\circ}$  примерно соответствующее широте значительной части территории РФ (например, г. Москве). Ось закреплена снизу поверхности применяемой для размещения рабочих объектов 11, которая располагается на 0,22 м выше поверхности пола, что позволяет свободно вращать конструкцию вокруг оси, для этого используются ножки соответствующей высоты 13. В качестве исследуемых объектов в данном случае используются модели зданий прямоугольной формы, т.к. это наиболее часто встречающаяся форма зданий.

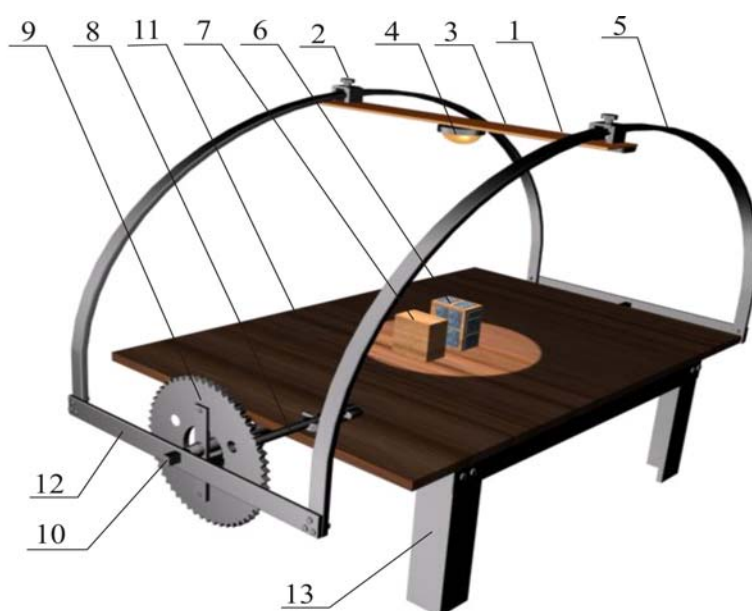


Рис. 1. Расположение деталей гелиоимитатора.

На одной из моделей на различных гранях закреплены индикаторы в виде фотоэлементов, которые преобразуют падающий на них свет в электрический ток, что позволяет количественно оценить влияние одного здания на другое в различные времена года и суток, т.к. количество выделяемой ими электроэнергии зависит от угла падения световых лучей и площади, на которую они падают.

Одной из главных проблем при проведении опытов с использованием данной установки является дневной свет, т.к. он создает определенную погрешность. Данная погрешность при постоянном уровне освещенности помещения остается одинаковой, поэтому при проведении опытов необходимо предварительно ее измерить и вычитать из полученного результата как постоянную составляющую погрешности.

Трехмерные иллюстрации установки представлены на рис. 2.

Для данной установки была разработана методика проведения лабораторной работы. При проведении работы варьируются времена года и суток для различных положений объектов. Результаты опытов сводятся в таблицу и строятся графики наглядно показывающие, что наиболее неблагоприятное расположение объекта-помехи строго на юге при минимальном расстоянии между ним и моделью гелиоактивного здания.

В результате проведения опытов по разработанной методике были получены результаты, графически изображенные на графиках (рис.3-4).



Рис. 2. Вид установки, моделирующей положение Солнца для различных вариантов.

Как видно из графиков при увеличении расстояния между зданиями количество вырабатываемой энергии увеличивается, так же видно, что в дни, когда угол подъема Солнца мал, то выработка электрической энергии уменьшается, что объясняется большим уровнем затенения гелиоактивного здания.

Таким образом, создана установка, позволяющая в лабораторных условиях моделировать приход солнечного излучения. Установка может использоваться как для обучения студентов и аспирантов различных специальностей, так и при проектировании солнечно-энергетических систем в реальных условиях затенения с учетом времени дня, месяца и широты местности.



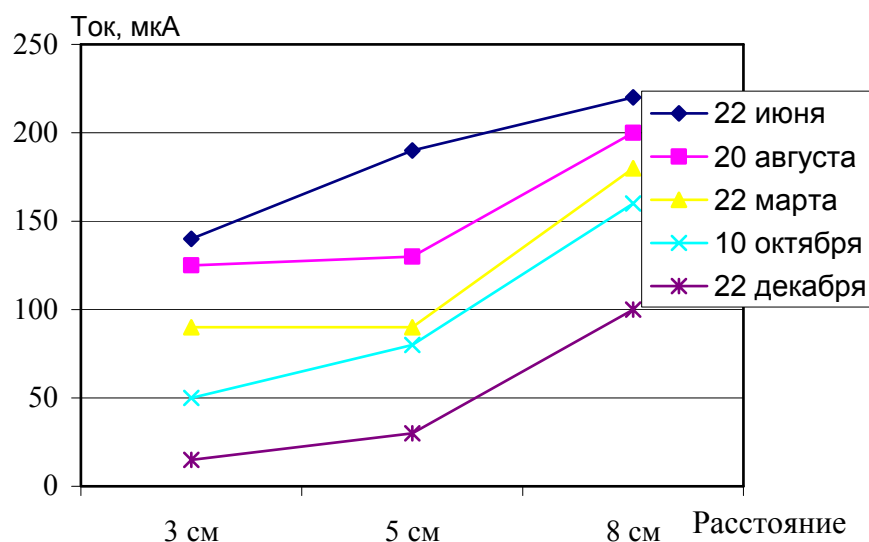


Рис. 3. Зависимость тока вырабатываемого в различные месяцы года от расстояния между объектами.

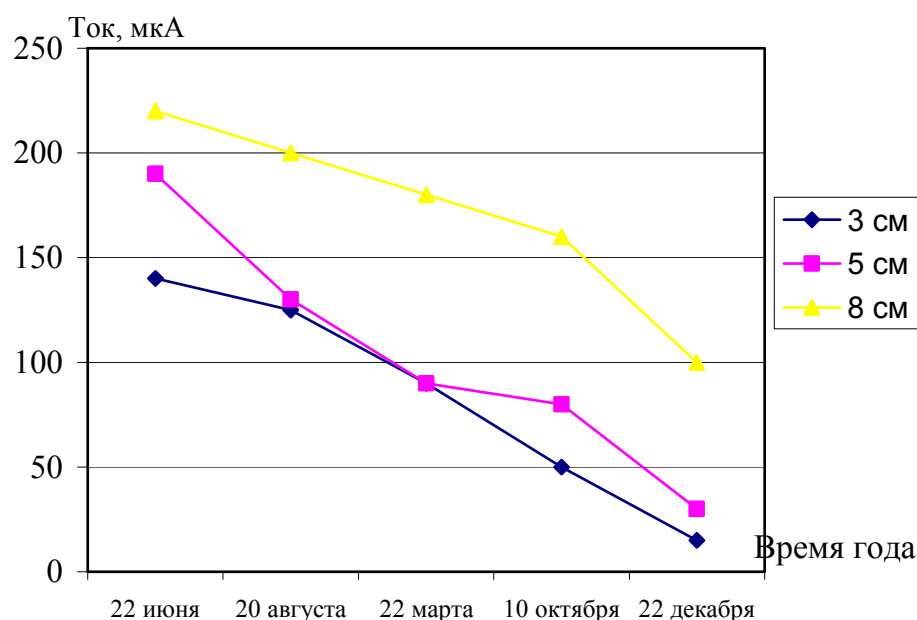


Рис. 4. Зависимость тока вырабатываемого в различные месяцы года при фиксированном расстоянии между зданиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Энергоактивные здания / Селиванов Н. П., Мелуа А. И., Зоколей С. В. и др.; Под ред. Сарнацкого Э. В. и Селиванова Н. П. – М.: Стройиздат, 1988.- 376 с.: ил.
2. Martin C. L., Goswami D.Y. Solar Energy Pocket Reference. – Earthscan, 2005. – 88 pages: il.
3. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.: ил.

# ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ С АВТОМАТИЧЕСКИМ СЛЕЖЕНИЕМ ЗА СОЛНЦЕМ

П.И. Софронов<sup>1</sup>, И.И. Тюхов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Марийский государственный университет,* <sup>2</sup> *ВИЭСХ, г. Москва*

Одним из способов повышения эффективности работы фотоэлектрических модулей является их ориентация на Солнце в течение дня. Для поддержания максимальной освещенности солнечных батарей разработаны разнообразные системы слежения – от простейших аналоговых до аналого-цифровых [1]. Регулировка подобных устройств осложнена тем, что порог их срабатывания меняется в зависимости не только от дифференциальной, но и от общей интенсивности освещения. Кроме того, для установки таких систем в исходное состояние требуется вмешательство обслуживающего персонала.

В данной статье предлагается конструкция системы слежения (гелиостата) для солнечного модуля, производства ВИЭСХ, мощностью около 40 Вт. В результате рассмотрения различных конструкций в рамках выполнения дипломного проекта была создана экспериментальная установка, внешний вид которой приведен на рис. 1.

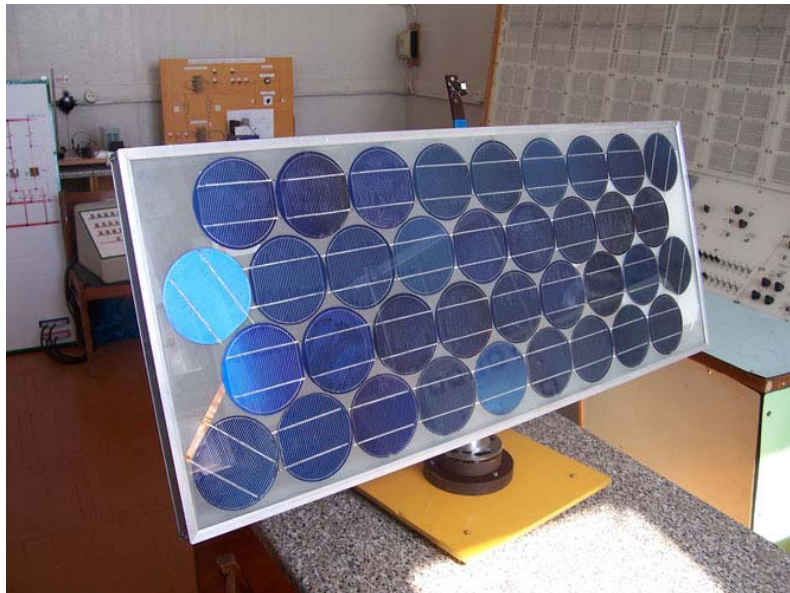


Рис. 1. Фотоэлектрический модуль с автоматическим слежением за Солнцем.

Для автоматической ориентации на Солнце было разработано оригинальное электронное устройство. Принцип слежения заключается в следующем. Фотодатчики одновременно улавливают определенное количество солнечного излучения в зависимости от ориентации в пространстве. Сигналы с фотодатчиков поступают на компаратор, где их уровни, и возможно полярности, сравниваются с неким эталонным сигналом. В простом случае можно обойтись и без эталонного сигнала, тогда необходимо сравнивать сигналы, поступающие с фотодатчиков между собой и вырабатывать ошибку, которой элементарно может служить на выходе алгебраическая разность входных сигналов. На выходе легко получить отклонение в «плюс» или в «минус» при различной освещенности фотодатчиков, которые в последствии

обрабатываются дифференциальным усилителем.

При одинаковой освещённости фотодатчиков на выходе компаратора имеется нулевой сигнал. Как только освещённость датчиков станет различной, на выходе компаратора появляется сигнал, несущий информацию о том, какой фотодатчик засвечен сильнее. Формирователь выходного сигнала, обрабатывает пришедший с компаратора сигнал, приводя его в вид, необходимый для работы, т.е. подаёт непосредственно на усилитель и затем на коммутатор.

По вышеизложенному принципу были разработаны и опробован ряд различных схмотехнических решений, такие как описаны, например, в [1-3, 5], а также оригинальные разработки. Из критериев, которые легли в основу создания электронной схемы, можно выделить следующие: надёжность схемы; экономичность собственного энергопотребления; доступность и дешевизна комплектующих деталей; простота обслуживания и ремонта.

Наиболее удачным из рассмотренных устройств явилось, устройство, использующее импульсное регулирование и способное ориентировать солнечную батарею по наилучшей освещенности. Принципиальная электронная схема гелиостата изображена на рис. 2. Как видно, здесь организована ориентация в двух плоскостях (по горизонтали и по вертикали). Рассмотрим один из каналов. Он состоит из тактового генератора (DD1.1, DD1.2) – общий для обоих каналов, двух интегрирующих цепей (VD1R5C2, VD2R6C3), такого же числа формирователей (DD1.3, DD1.4), цифрового компаратора (DD3), двух инверторов (DD1.5, DD1.6), сглаживающих цепей (R9R13C6, R10R14C7), усилителя (VT1, VT2) и транзисторного коммутатора (VT5, VT6, VT9, VT10) направления вращения электродвигателя M1, управляющего поворотом устройства автоматического слежения, на которой установлена солнечная батарея.

Работает схема следующим образом. С подачей питания (от самой солнечной батареи или от аккумулятора) генератор на элементах DD1.1, DD1.2 начинает вырабатывать тактовые импульсы, следующие с частотой около 100 Гц. При работе устройства сравниваются длительности импульсов, сформированных инверторами DD1.3, DD1.4 и интегрирующими цепями VD1R5C2, VD2R6C3. Их крутизна меняется в зависимости от постоянной времени интегрирования, которая, в свою очередь, зависит от освещенности фотодиодов VD1 и VD2. Ток заряда/разряда конденсаторов C2 и C3 пропорционален их освещенности. Сигналы с выходов интегрирующих цепей поступают на формирователи уровня DD1.3, DD1.4 и далее – на цифровой компаратор, выполненный на элементах микросхемы DD3. В зависимости от соотношения длительностей импульсов, поступающих на входы компаратора, сигнал низкого уровня появляется на выходе элемента DD3.1 (вывод 4) или DD3.2 (вывод 3). При равной освещенности фотодиодов на обоих выходах компаратора присутствуют сигналы высокого уровня. Далее сигнал поступает на усилитель соответственно VT1 или VT2. Нагрузками этих транзисторов являются ключи на мощных транзисторах VT5, VT6 и VT9, VT10, которые коммутируют напряжение питания электродвигателя M1. При открывании транзистора VT1 открываются транзисторные ключи VT5, VT10 и ток через двигатель течёт

С восходом Солнца освещенность фотодиодов VD1 и VD2 оказывается различной, и электродвигатель начинает поворачивать солнечную батарею с запада на восток. По мере уменьшения разницы в длительностях импульсов, вырабатываемых формирователями длительность результирующего импульса, уменьшается, а скорость поворота солнечной батареи плавно замедляется, что обеспечивает ее точное позиционирование. Плавность (или даже пропорциональность) ориентации батареи получается вследствие пропорционального увеличения тока через транзисторные ключи. В течение дня платформа с солнечной батареей поворачивается вслед за движением Солнца. С наступлением сумерек длительности импульсов на входе цифрового компаратора оказываются одинаковыми, и система переходит в дежурный режим. В этом состоянии потребляемый устройством ток не превышает 1,2 мА. В режиме ориентации потребляемый ток зависит от мощности двигателей и нагрузки на них, и в данном случае не превышает 1А при работе обоих двигателей.

Кроме указанных на схеме, в устройстве можно применить микросхемы серий К564, К176 (при напряжении питания  $5 \div 12$  В). Транзисторы КТ315А заменимы любыми из серий КТ201, КТ315, КТ342, КТ3102, а КТ814А – любыми из серий КТ814, КТ816, КТ818, а

также германиевыми П213 – П215, П217 с любыми буквенными индексами. В последнем случае между эмиттерами и базами транзисторов VT3 – VT6 следует включить резисторы сопротивлением  $1 \div 10$  кОм, чтобы предотвратить их случайное открывание вследствие значительного обратного тока. Вместо фотодиодов ФД256 допустимо использовать фотодиоды других марок, отдельные солнечные элементы самой батареи (включенные с соблюдением полярности), фототранзисторы без цепей смещения, а также фоторезисторы, например, СФ2, СФ3 или ФСК любой модификации. Следует только подобрать (изменением сопротивления резистора R2) частоту тактового генератора по надежному срабатыванию цифрового компаратора. Все детали устройства смонтированы на печатной плате (рис.3,слева) из одностороннего фольгированного стеклотекстолита.

Коммутирующие транзисторы привинчены к плате и снабжены теплоотводами Г-образной формы площадью около  $10 \text{ см}^2$ , согнутыми из полосок листового алюминиевого или медного сплава толщиной 1,5 мм. При использовании более мощного электродвигателя эти транзисторы размещают вне платы на отдельных теплоотводах, обеспечивающих эффективное теплорассеяние. Возможно применение более мощного двигателя, у которого направление вращения вала также изменяется в зависимости от полярности напряжения. Нормальный рабочий ток коллектор-эмиттер для применённых в данном случае транзисторов составляет 1,5 А [4].

Для защиты фотодиодов от избыточного облучения возможно применение светофильтра. К батарее через токосъемник подключен аккумулятор, зарядный ток которого соответствует максимальному току, вырабатываемому батареей. Собранный из исправных деталей устройство не требует наладки и сразу же начинает работать.

В данной схеме предусмотрены настройки схемы, а именно: изменение частоты следования тактовых импульсов генератора выставляется подстроечным резистором R2, а баланс сопротивлений в плечах интегрирующих цепей канала (VD1R5, VD2R6 и VD3R7, VD4R8) обеспечивается подстройкой резисторов, соответственно, R3 и R4.

Как видно из [6] применённые микросхемы, а, следовательно, и вся схема малокритичны к питанию. Это увеличивает общую стабильность и надёжность работы, а питание можно завести прямо с модуля без стабилизации. К тому же открываются возможности к выбору электродвигателей по напряжению.

Немаловажным элементом системы автоматической ориентации солнечного модуля являются светочувствительные датчики. От качества их выполнения, установки и наладки будет зависеть, в первую очередь, точность слежения за Солнцем, а именно обеспечение перпендикулярности модуля к Солнцу в течение дня. Фотодатчики (фотодиоды, фоторезисторы) располагаются друг относительно друга примерно так, как показано на рис. 3 (справа).

Панель с датчиками закрепляется перпендикулярно солнечному модулю и должна быть жёстко с ним связана. Когда Солнце равномерно освещает оба фотодатчика, модуль не движется – он перпендикулярен к лучам и вырабатывает максимум энергии. Когда Солнце

сместилось в течение дня, освещенность одного из датчиков снизилась, он находится в тени перегородки. Тогда на выходе компаратора появляется управляющий сигнал и включает двигатель, который поворачивает модуль до момента одинаковой освещённости датчиков.

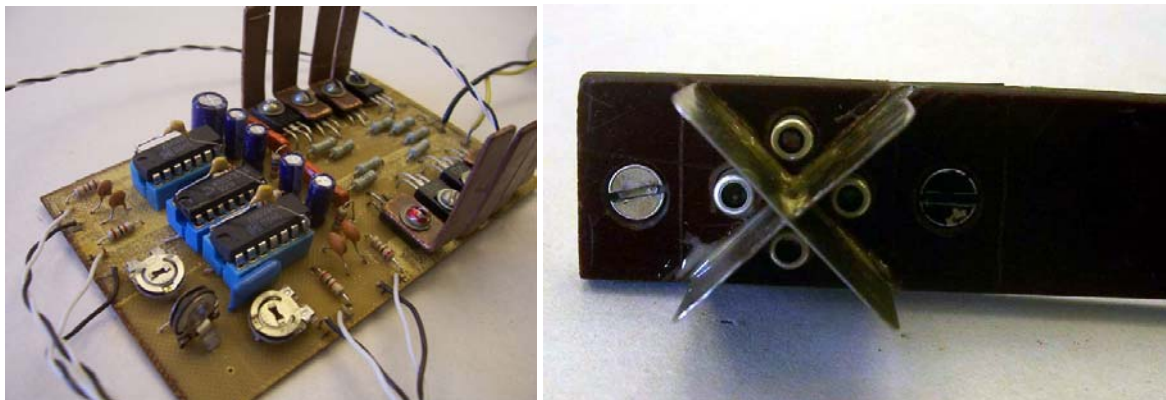


Рис. 3. Печатная плата электронного устройства (слева) и фотоэлементы системы слежения (справа).

Если ориентирование солнечного модуля будет производиться по горизонтали, то датчики необходимо располагать вдоль горизонтальной прямой. И, соответственно, при ориентировании солнечного модуля по вертикали датчики необходимо располагать вдоль вертикальной прямой.

Порог срабатывания на ориентацию (не путать с чувствительностью) можно регулировать, изменяя расстояния между фотодатчиками и перегородкой, а также высотой самой перегородки. В общем случае значение порога срабатывания на ориентацию определяется: геометрическими размерами светочувствительного элемента датчика; чувствительностью датчика к спектру излучения; чувствительностью электронной схемы; высотой перегородки; расстоянием между датчиком и перегородкой и рядом других параметров.

Иначе говоря, порог срабатывания на ориентацию является характеристикой точности слежения. Например, чтобы слежение осуществлялось с точностью в  $6^\circ$  необходимо иметь отношение катетов треугольника равное около  $1/10$ , т.е. если фотодатчик установить от перегородки на расстоянии 4 мм, то высота перегородки должна быть 40 мм. Такая точность слежения – очень неплохой результат. С практической точки зрения стремиться к созданию идеальной системы слежения не стоит по следующим причинам. При идеальном прослеживании Солнца приводы поворотного механизма будут приходить в действие очень часто и на короткий промежуток времени. Это повлечёт за собой излишнее потребление электроэнергии на собственные нужды, увеличится износ частей и механизмов приводов, а это снижение КПД всей установки и скорый отказ. Все вышеизложенные особенности учтены при создании фотодатчика данной установки.

Среди прочих конструктивных элементов в конструкции предусмотрен противовес. Это сделано для дальнейшей балансировки моментов, возникающих в результате смещения



центра тяжести солнечного модуля от оси вращения. Для предотвращения этого предусмотрена балансировка противовесом. Иначе, возникающий крутящий момент будет негативно сказываться на электроприводе. Необходимо будет использовать более мощный двигатель, а это лишнее потребление электроэнергии, а в иных случаях это приведёт к западанию поворотного механизма. В качестве противовеса можно использовать свинцовый или стальной брусок. Главное, чтобы линейные размеры были как можно меньше.

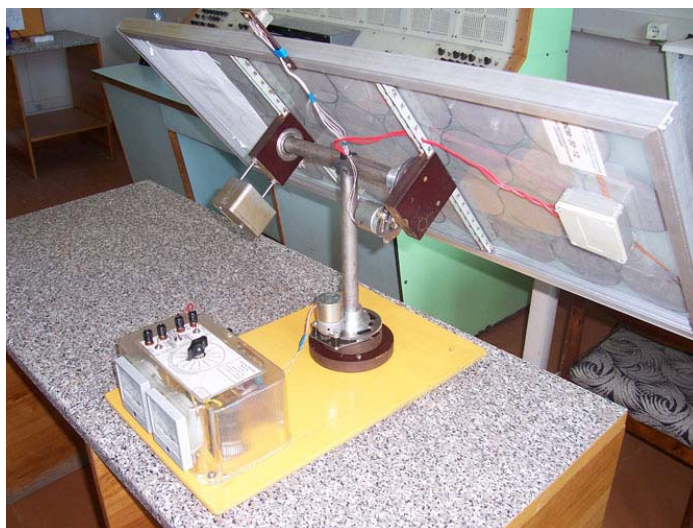


Рис.4. Вид солнечного модуля с тыльной стороны с блоком управления и поворотным механизмом.

Несущая стойка должна обеспечивать легкость всей конструкции и улучшенные динамические свойства с сохранением механической прочности. Целесообразно применять обыкновенную водопроводную стальную трубу с внешним диаметром 1» (для посадки в подшипники №205). Выбор линейных размеров труб также имеет немаловажное значение. Излишне длинные трубы поднимают вверх центр тяжести установки, что влечёт за собой изгибающие моменты и, как следствие, лишние нагрузки на двигатели и подшипники или даже неустойчивость конструкции. Снизу предел размеров ограничивается линейными размерами солнечного модуля, высотой и количеством подшипников и стаканов, насаживаемых на стойку, высотой поворотного механизма (привода). Учитывая всё это, был выбран размер 300 мм для обеих частей стойки. Горизонтальная труба перед сваркой к вертикальной трубе была просверлена диаметрально насквозь. Данное отверстие предназначено для пропускания всех проводов (силовых и сигнальных) идущих от фотодатчика, электродвигателя вертикального слежения, концевых выключателей и самого солнечного модуля. На рис. 4 изображен вид солнечного модуля с тыльной стороны с блоком управления и поворотным механизмом по обеим осям в сборе.

Разработанный фотоэлектрический модуль с автоматическим слежением за Солнцем был создан для обучения студентов и аспирантов по курсу «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», включен в учебный процесс и в настоящее время проходит испытания

на кафедре электроснабжения в МарГУ. Данная установка позволяет сравнивать работу фотоэлектрического модуля при включенной системе слежения и в стационарном варианте.

Возможна работа системы, как в натуральных условиях, так и при искусственном освещении в лаборатории. Простой заменой плоского модуля на концентратор система слежения может использоваться и при изучении концентрирующих систем. При этом выигрыш при включенной следящей системе оказывается более существенным. Интерес представляет и проверка работы стационарных концентраторов при слежении по одной из осей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Байерс Т. 20 конструкций с солнечными элементами / пер. с англ. Сидорова С. В.; под ред. Колтуна М. М. – М.: Мир, 1988. – 197 с.
2. Вайнер Ш. А., Вайнер С. А. Фотоэлектронные системы управления. – М.: Машиностроение, 1980. – 205 с.
3. Гелиостат – устройство автоматической ориентации солнечной батареи // <http://qrx.narod.ru/avt/gelio.htm>.
4. Полупроводниковые приборы и транзисторы: Справочник / В. Л. Аронов, А. В. Балинков, А. А. Зайцев и др. – М.: Энергоатомиздат. 1983. – 605 с.
5. Предко М. Создайте работа своими руками на PIC-контроллере: В помощь радиолюбителю. / пер. с англ. Земскова Ю. В. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 408 с.
6. Цифровые интегральные микросхемы: Справочник / М. И. Богданович, И. Н. Грель, С. А. Дубина и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск.: Беларусь, Полымя. 1996. – 605 с.

#### ПОЛИМЕРНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ ФУЛЛЕРЕНОВ

Н.Г. Спицына<sup>1</sup>, И.П. Романова<sup>2</sup>, А.С. Лобач<sup>1</sup>, А.А. Лобач<sup>3</sup>, И.В. Толстов<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Институт Проблем Химической Физики РАН, г. Черноголовка.*

<sup>2</sup> *Институт Органической и Физической Химии им. А.Е. Арбузова, г. Казань.*

<sup>3</sup> *Московский Государственный Институт Стали и Сплавов, Технический Университет*

<sup>4</sup> *Институт Энергетических Проблем Химической Физики РАН, г. Москва*

Существенные успехи в области органических полупроводников привели к созданию дешевых полимерных солнечных элементов, состоящих из тонких фотоактивных слоев органических материалов, включающих фуллерены и их производные [1]. Преимущества гибких органических солнечных элементов связаны с технологичностью процесса их получения и утилизации, а также с возможностью использования объемно-гетероконтактных материалов. Наиболее часто используемым акцепторам в солнечных батареях объемно-гетеропереходного типа является органофуллерен 1-(3-метоксикарбонил) пропил-1-фенил- $C_{61}$  (PCBM), который обеспечивает эффективную работу батарей в комбинации с рядом полисопряженных полимеров. Максимальная эффективность органических батарей такого типа уже составляет порядка 5%, причем год назад эта величина находилась в пределах 3.5%,



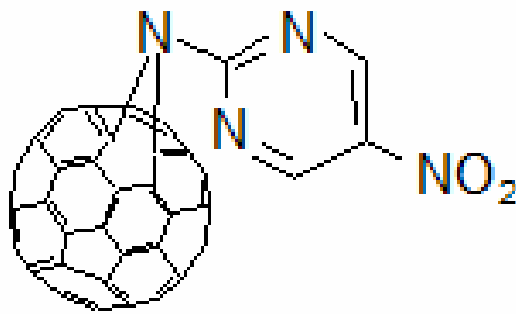
а четырьмя годами ранее, эффективность преобразования света в лучших органических солнечных батареях составляла всего 2.5%. Как видно из приведенных данных, органическая фотовольтаика развивается очень быстрыми темпами. Создание новых материалов, поглощающих свет в более широком диапазоне и обладающих лучшими электронными характеристиками (сродство к электрону и др.), так и реализация новых концепций в органической фотовольтаике, позволит перешагнуть в скором будущем предел в эффективности равный 10% [1-4].

Поэтому целью настоящей работы является исследование фотопроводимости полимерных композитов (ПК) на основе полимера поли(2-метокси-5-(2'-этилгексилокси)-1,4-фениленвинилена (МЕН-PPV) с добавками 2-(азагомофуллерена)-5-нитропиримидина (AFNP) (Рис.1) и фуллерена  $C_{60}$ .

В нашей работе мы использовали новое гомо-производное фуллерена AFNP (Рис.1), обладающее более высокой электронно-акцепторной способностью по сравнению с  $C_{60}$  и характеризующиеся высокой эффективностью взаимодействия с фотовозбужденным полимером [5, 6].

На стеклянную подложку, покрытую слоем ИТО, наносили пленку, содержащую смесь полимера МЕН-PPV и AFNP при содержании последнего 0, 10, 50 и 75 масс.%. Пленки наносили методом полива из раствора в хлорбензоле, содержащего МЕН-PPV и AFNP в соответствующих соотношениях. Далее композиционная пленка высушивалась при нагревании в вакууме. Толщина пленок составляла 100-150 нм. На полученную пленку наносили контакт из алюминия методом испарения в вакууме. Площадь контакта составляла около 20 мм<sup>2</sup>. Для сравнения при таких же условиях были приготовлены аналогичные фотовольтаические устройства, содержащие композит МЕН-PPV/ $C_{60}$  при концентрациях [60] фуллерена 0, 10, 50 и 75 масс.%. Вольт-амперные характеристики полученных фотовольтаических ячеек измеряли в высоком вакууме (около 10<sup>-5</sup> торр) в темноте и при освещении светом в диапазоне длин волн от 400 до 650 нм. Мощность падающего излучения составляла 17 мВт/см<sup>2</sup>. Зависимость фототока (разность тока при освещении и темнового тока) от напряженности электрического поля на образце для устройства, содержащего композит МЕН-PPV/ AFNP, приведена на Рис.2. Видно, что увеличение концентрации производного фуллерена приводит к существенному возрастанию фототока. Так, для образца, содержащего 75% 2-(азагомофуллерен)-5-нитропиримидина, характерно увеличение фототока короткого замыкания более чем на 2 порядка по сравнению с образцом, содержащим чистый полимер. Для аналогичных фотовольтаических устройств, содержащих композит МЕН-PPV/ $C_{60}$ , измерения при тех же условиях показали, что фототок при заданном напряжении возрастает с ростом концентрации фуллерена до 50%, а при дальнейшем росте концентрации фуллерена фототок уменьшается [6]. Это может быть связано с кластеризацией молекул  $C_{60}$  при высоких концентрациях, что снижает эффективность переноса заряда от полимера к фуллерену.

Таким образом, 2-(азагомофуллерен)-5-нитропиримидин при высоких концентрациях в композите взаимодействует с полимером МЕН-PPV лучше, чем  $C_{60}$  и не хуже, чем РСВМ [3].



AFNP

Рис. 1. 2-(азагомофуллерена)-5-нитропиримидина.

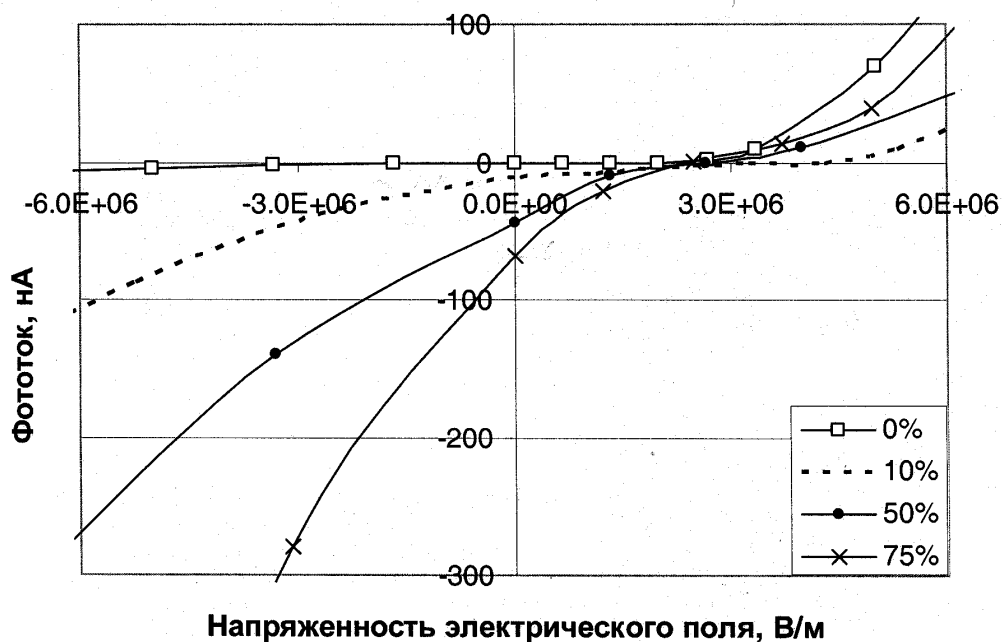


Рис. 2. Зависимость фототока от напряженности электрического поля для устройства, содержащего КМ МЕН-PPV/AFNP, при содержании AFNP: 0,10,50 и 75 %.

Авторы выражают благодарность Российскому Фонду Фундаментальных исследований (грант № 05-03-33132) за частичную финансовую поддержку данной работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. H. Hoppe, N. S. Sariciftci, *J. Mater. Res.* 2004,19,1924-1945
2. K.M. Coakley, M.D. McGehee, *Chem. Mater.* 2004,16,4533-4542
3. H. Hoppe, N.S. Sariciftci, *J. Mater. Chem.*, 2006,16,45-61
4. R.A. J. Janssen, J.C. Hummelen, N.S. Sariciftci, *MRS Bulletin*, 2005,30,33.
5. N.G. Spitsina, I.P. Romanova, A.A. Lobach, I.K. Yakuschenko, A.S. Lobach, M.G. Kaplunov, I.V. Tolstov, M.M. Triebel, E.L. Frankevich *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*, 2006,14,2-3.
6. N. Spitsina, I. Romanova, A. Lobach, I. Yakuschenko, M. Kaplunov, I. Tolstov, M. Triebel, E. Frankevich, *J. Of Low Tem. Phys.*, 2006,142,201-206.

## РАЗРАБОТКА ОТРАЖАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Д.С. Стребков, Р.Т. Раббимов, Э.С. Иванчевская

*ВНИЭСХ, г. Москва*

Для изготовления отражателей на основе полимерного связующего и стекловолоконистого материала, обладающего высокой точностью, малым весом на единицу поверхности, достаточной жесткостью конструкции, минимальной трудоемкостью в изготовлении могут быть использованы методом горячего прессования и прокатки.

Сущность метода заключается в следующем: сначала отражатели солнечной энергии разделяют на две группы. Первая группа – отражатели с линейным фокусом – параболоцилиндрические и конусообразные. Вторая группа – отражатели с полуточечным фокусом – параболоидные и сферические.

Таблица 1.

Расчетные физико-механические тепловые и оптические характеристики отражателя.

| Характеристики                                                    | Значения                   |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Удельный вес, г/см <sup>3</sup>                                   | 1.67                       |
| Теплостойкость по Мартенсу, °С                                    | 290-295                    |
| Коэффициент линейного расширения в интервале 20-150 °С, 1/°С      | (3.4-3.7)*10 <sup>-6</sup> |
| Коэффициент теплопроводности в интервале 20-150 °С, кал/см*°С     | (10-11)*10 <sup>-4</sup>   |
| Коэффициент температуропроводности в интервале 20-150 °С, кал/сек | 14.4-18.6                  |
| Удельная теплоемкость, кал/ч*°С                                   | 0.36-0.41                  |
| Предел прочности, кгс/см <sup>2</sup>                             |                            |
| растяжения                                                        | 3070                       |
| сжатия                                                            | 1475                       |
| изгиба                                                            | 2200                       |
| сдвига                                                            | 54                         |
| Удельная упругость при растяжении, кгс/см <sup>2</sup>            | 175000                     |
| Удельная ударная вязкость, кгс*см/см <sup>2</sup>                 | 480                        |
| Водопоглощение за 24 часа, %                                      | 0.5-1.7                    |
| Точность изготовления несущей ориентирующей конструкции           | 1' - 2'                    |

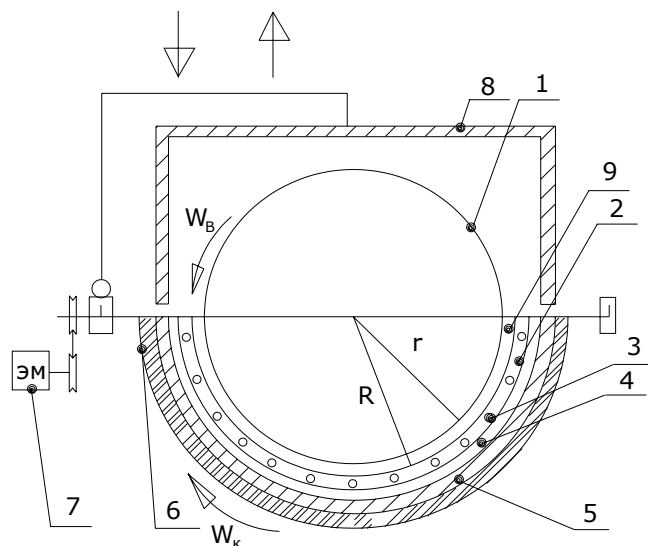


Рис.1. Схема поперечного сечения установки для изготовления параболических и конусообразных отражателей солнечной энергии. 1 – профилированный формующий вал; 2 – форма для отражателя; 3 – электронагреватели; 4 – каналы охлаждения водой; 5 – теплоизоляция; 6 – движущаяся каретка; 7 – электродвигатель; 8 – теплоизолированный колпак; 9 – изготавливаемый отражатель.

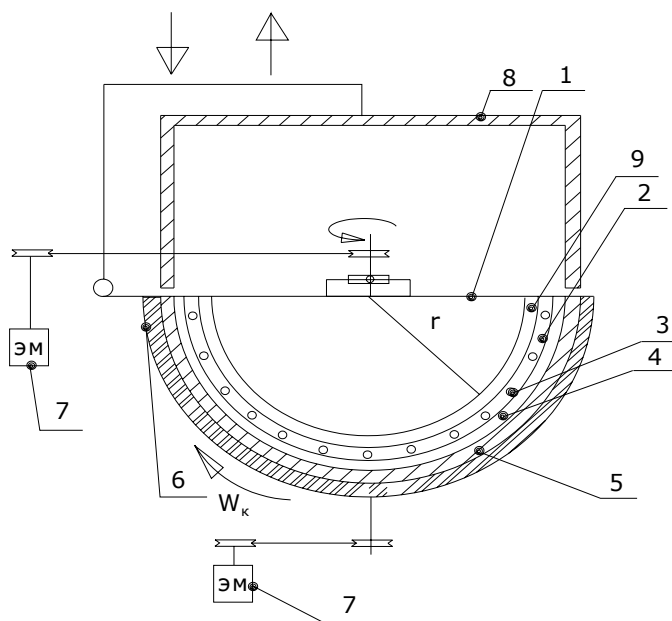


Рис.2. Схема поперечного сечения установки для изготовления параболических и сферических отражателей солнечной энергии. 1 – профилированный формующий вал; 2 – форма для отражателя; 3 – электронагреватели; 4 – каналы для водоохлаждения; 5 – теплоизоляция; 6 – движущаяся каретка; 7 – электродвигатель; 8 – теплоизолированный колпак; 9 – изготавливаемый отражатель.

Для изготовления указанных типов отражателей по отдельности каждому устанавливают радиус  $R$  и толщину оболочки  $\delta$ , после чего выбирают радиус формы  $R_{\phi} = R + \delta$  и радиус каретки, куда устанавливают форму с радиусом  $R_k = R_{\phi} + h_{\text{ти}} + h_{\text{эл.наг.}}$ , где  $h_{\text{эл.наг.}}$  – толщина спая где установлены электронагреватели;  $h_{\text{ти}}$  – толщина теплоизоляции. Затем

изготавливают специальный профилированный вал с радиусом  $r$  в виде получаемого отражателя, подбирают направления движения каретки и профилированного вала, и согласуют их скорость. Таким образом, собирают установки для формования отражателя в виде прокатного станка [1].

Формование отражателя производится следующим образом: на металлическую форму накладывают армирующий стекловолнистый материал: КС<sub>1</sub> на основе стеклоткани сатинового переплетения АСТТ(б) –с<sub>1</sub> (толщина 0.28 мм) и распыляют полиэфирной смолой контактного типа марки 911-МС-11а (процентное соотношение связующего и армирующего материала изменяется в пределах 40-60% и 60-40%) и для равномерного распределения смолы уплотняют профилированным валом. Для получения многослойного отражателя выше указанный процесс повторяют столько раз, сколько необходимо до получения нужной толщины, например, для толщины оболочки концентратора в 4 мм, необходимо 4 слоя связующего материала и 4 слоя армирующего материала. Фиксируют положение профилированного формирующего вала, соответствующего удельному давлению 0.7-3 кгс/см<sup>2</sup>, поднимают температуру до 140-145<sup>0</sup>С в течение 15 мин с последующей термообработкой при 150<sup>0</sup>С в течение 3 часов, после чего охлаждают до нормальной температуры 20<sup>0</sup>С и отформовывают готовую оболочку отражателя.

На облицовочную поверхность оболочки отражателя распыляют равномерный тонкий слой клея с высокой прочностью с сопротивлением срезу 75 кг/см<sup>2</sup> (например, нитрельно-фенольный или эпоксидно-винилфенольный) и накладывают отражающие покрытия на основе стекла («внутреннее озеркаливание») типа Thin Glass ( $\zeta = 93-96\%$ ) или Solel FSM (более 95%). Готовый отражатель отправляют потребителю.

Отражатель обладает повышенной механической прочностью, теплостойкостью и стойкостью к атмосферным осадкам. Подвергается всем видам механической обработки, склеивания (включая склеивание с металлами).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Решение о выдаче патента на изобретение «Солнечная установка для производства кровельного листа». Заявка № 2004118680/03(020370), от 07.11.2005. Авторы: Стребков Д.С., Раббимов Р.Т., Трушевский С.Н., Иванчевская Э.С.

# УЧЕБНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

В.В. Таныгин<sup>1</sup>, И.И. Тюхов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Марийский государственный университет, <sup>2</sup> ВИАЭСХ, г. Москва

Развитие возобновляемых источников энергии наряду с традиционной энергетикой является необходимым условием дальнейшего развития экономики страны. Одним из перспективных направлений возобновляемой энергетики является солнечно-водородная энергетика. Достоинством водорода как носителя энергии являются относительная экологическая безопасность его использования, высокая калорийность, возможность длительного хранения, транспортировки по существующей транспортной сети, нетоксичность и т.д.

Использование топливных элементов (ТЭ) позволяет повысить возможности солнечной энергетики, обеспечив накопление энергии в виде водорода. Топливные элементы вырабатывают электричество в результате химической реакции (а не горения), в частности водорода, получаемого с помощью, например при электролизе воды. В отличие от существующих аккумуляторных батарей ТЭ не хранят, а преобразуют часть энергии топлива, поставляемого извне, в электричество.

Простейший топливный элемент (рис. 1) состоит, например, из специальной мембраны, используемой как электролит, по обе стороны которой нанесены порошкообразные электроды.

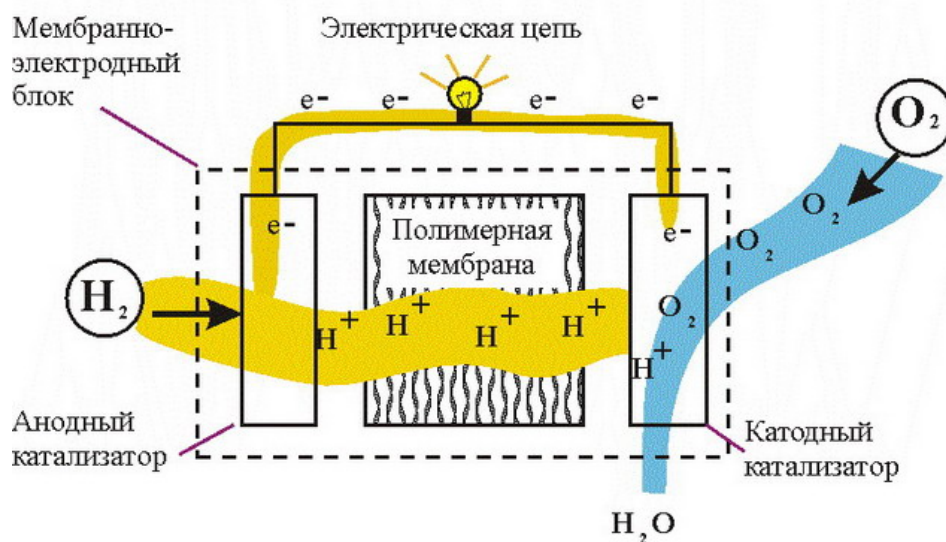


Рис. 1. Принцип действия топливного элемента.

Такая конструкция (электролит, окруженный двумя электродами) представляет собой отдельный элемент. Водород поступает на одну сторону (анод), а кислород (воздух) – на другую (катод). На аноде водород распадается на смесь протонов и электронов. В некоторых

топливных элементах электроды окружены катализатором, обычно выполненным из платины или других благородных металлов, способствующих протеканию реакции диссоциации:



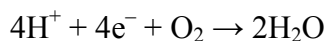
где  $\text{H}_2$  – двухатомная молекула водорода (форма, в которой водород присутствует в виде газа);

$\text{H}^+$  – ионизированный водород (протон);

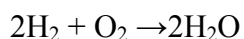
$\text{e}^-$  – электрон.

Работа топливного элемента основана на том, что электролит пропускает через себя протоны (по направлению к катоду), а электроны – нет. Электроны движутся к катоду по внешнему проводящему контуру. Это движение электронов и есть электрический ток, который может быть использован для приведения в действие внешнего устройства, подсоединенного к топливному элементу (нагрузка, например, электродвигатель).

С катодной стороны топливного элемента протоны (прошедшие через электролит) и электроны (которые прошли через внешнюю нагрузку) воссоединяются и вступают в реакцию с подаваемым на катод кислородом с образованием воды:



Суммарная реакция в топливном элементе записывается так:



В своей работе топливные элементы используют водородное топливо и кислород из воздуха.

На базе электроэнергетического факультета в Марийском государственном университете (МарГУ) создан лабораторный стенд по исследованию характеристик ТЭ. ТЭ и электролизер предоставлены в рамках научного сотрудничества МарГУ и РНЦ «Курчатовский институт».

Схема электрических соединений стенда приведена на рис. 2. Из рисунка видно, что электролизер (Э) получает питание от источника питания (ИП), представляющего собой совокупность трансформатора 220/12 или источника переменного или постоянного напряжения 12В и преобразователя.

Для измерения значений тока и напряжения предусмотрены два цифровых мультиметра M830BZ, позволяющих в начале опыта проконтролировать процесс электролиза, а затем производить измерения на нагрузке, при постоянных значениях ИП.

Система электролизер – топливный элемент представляет собой устройства, объединенные силиконовыми шлангами. Производимый электролизером водород  $\text{H}_2$  и кислород  $\text{O}_2$  поступают на топливный элемент, где происходит их воссоединение с образованием электричества, воды и тепла.

В качестве электролита в топливном элементе использована ионообменная мембрана Nafion 112 толщиной 60 мкм. Структура стенда показана на рис. 3. Стенд включает в себя источник питания – 1, электролизер – 2, в котором происходит разложение воды на водород и кислород. Получившиеся газы поступают в промежуточные накопители – 3, где

происходит их увлажнение, а затем подаются на топливный элемент – 4. Посредством химической реакции на элементе появляется потенциал  $\approx 1$  В. Подключив к элементу нагрузку 5, снимают характеристики элемента.

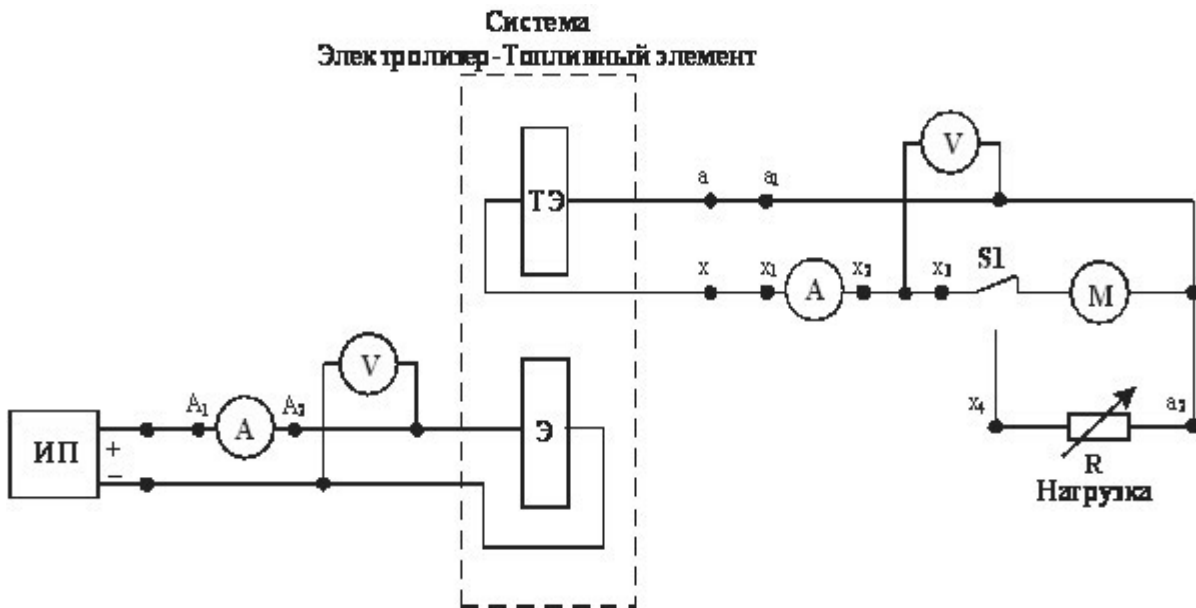


Рис. 2. Схема электрических соединений стенда.

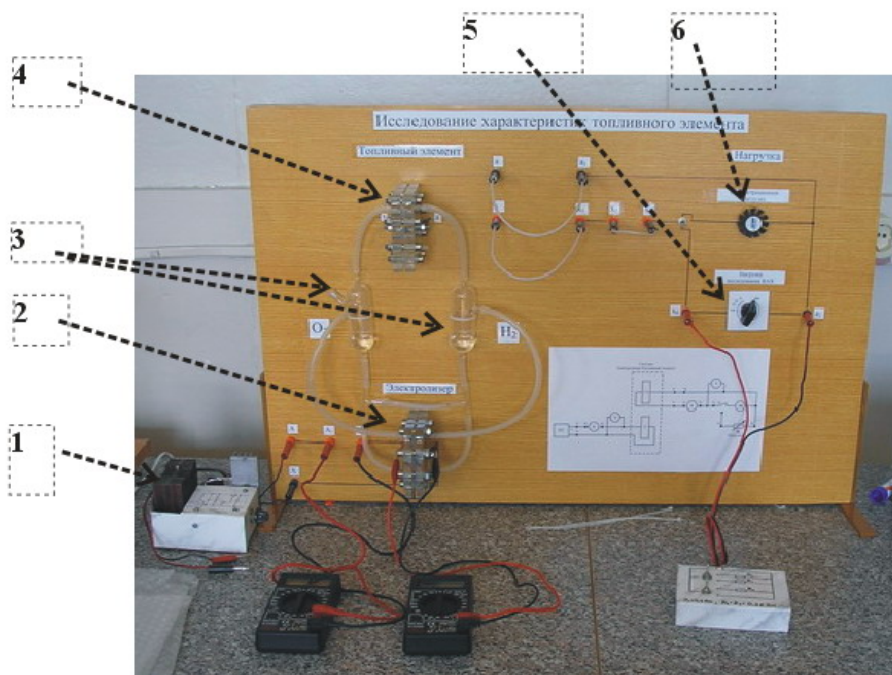


Рис. 3. Структура стенда.

В качестве нагрузки топливного элемента применяется переменный резистор (СПЗ-30а)



на 480 Ом и блок сопротивлений с резисторами от 0 до 1 Ом с шагом 0,125 Ом, а так же маломощный двигатель – 6.

Для обеспечения требуемых входных параметров питания электролизера разработан преобразователь напряжения, способный преобразовать входное переменное напряжение 12В в постоянное напряжение плавно до 2,2 В и током до 5А. Схема и внешний вид преобразователя представлены на рис. 4.

С целью повышения надежности работы преобразователя выпрямитель и транзистор помещены на радиаторы, обеспечивающий необходимый отвод тепла. Так как протекающий ток в цепи электролизера (до 5 А) достаточно сильно разогревает данные элементы.

Лабораторный стенд внедрен в учебный процесс по курсу «Возобновляемые источники энергии» на кафедре «Электроснабжение» МарГУ. Стенд позволяет получить вольтамперную характеристику элемента и оценивать его КПД, а так же исследовать токовую характеристику электролизера.

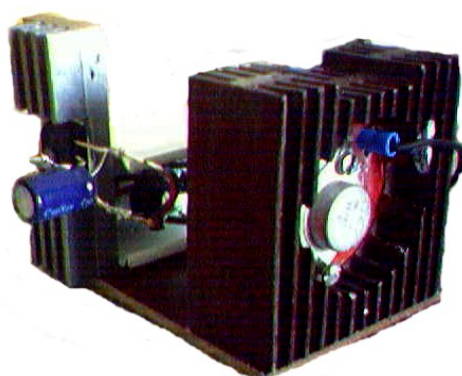
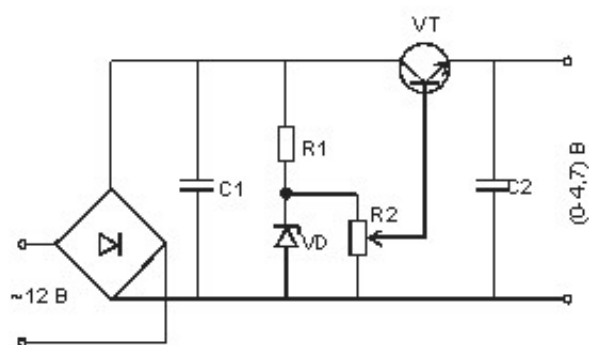


Рис. 4. Схема и внешний вид преобразователя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки. – М.: Издательство МЭИ, 2005.-280 с.: ил.

## ПРОБЛЕМЫ СОЛНЕЧНОЙ МЕТРОЛОГИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАДИОМЕТРА

А.Е. Тарасов

*ВИЭСХ, г. Москва*

### Введение

Для многих исследований в области астрофизики, геофизики, климатологии, альтернативной энергетики важно знать точную величину потока солнечного излучения, приходящего на землю. Существуют три главных задачи для исследований:

1. измерение солнечной постоянной (первичный источник энергии, глобальные солнечно-земные отношения);

2. измерение поступающей солнечной радиации для оценки солнечных ресурсов (метеорология энергии);

3. измерение оптической радиации для того, чтобы исследовать и калибровать солнечные элементы и модули (включая измерения с помощью лазерного излучения).

Нужно отметить, что бурное развитие в последние годы солнечной энергетики или говоря шире возобновляемой энергетики, требует более детального изучения процессов, связанных главным образом, с солнцем, ветром и атмосферной физикой, что привело к созданию, например, в Европе кафедр энергетической метеорологии.

В настоящее время важность более точного измерения и оценки приходящей солнечной энергии становится все актуальнее. Солнечная энергия обеспечивает движение экосистемы, климат нашей планеты. Понимание таких явлений как глобальное потепление и глобальное потемнение требует инструментов, действующих и разработанных по новым принципам с более высокой точностью и с новыми методами измерений.

#### Об истории солнечной метеорологии в России

В середине XVII в. по Указу царя Алексея Михайловича были начаты визуальные наблюдения за погодой, значительная часть которых дошла до наших дней. В период царствования Петра I визуальные наблюдения за погодой значительно расширились и подготовили почву для создания в России Академии наук, одним из направлений деятельности которой стало проведение с 1 декабря 1725 г. академиком Ф. Х Майером первых инструментальных метеорологических наблюдений.

Большой вклад в метеорологию солнечного излучения внес российский физик Владимир Александрович Михельсон (1860-1927).

В классическую историю физики. В.А. Михельсон вошел своим вкладом в изучение энергетического спектра излучения твердого тела и как основоположник актинометрии. Фундаментальными являются работы в области теплового излучения и метеорологии такие как: «Опыт теоретического объяснения распределения энергии в спектре твердого тела», «Обзор новейших исследований по термодинамике лучистой энергии», «О целях и методах сельскохозяйственных метеорологических наблюдений», «Пластиночный актинометр», «Новый актинометр».

В.А. Михельсон развернул большую работу по организации метеорологических наблюдений в России и созданию метеорологической обсерватории. По его проекту в Петровском-Разумовском была построена метеорологическая обсерватория. В.А. Михельсон изобрел целый ряд актинометрических приборов.

#### Приборы для измерения прямого солнечного излучения

Пиргелиометр - абсолютный прибор для измерений прямой солнечной радиации, падающей на перпендикулярную к солнечным лучам поверхность. Пиргелиометр в основном применяется для поверки относительных приборов - актинометров. В Западной Европе и России в качестве эталона принят компенсационный пиргелиометр Ангстрема. В США в качестве эталона принят пиргелиометр водоструйный Ч. Аббота.

Актинометр - прибор для измерения интенсивности прямой солнечной радиации. Принцип действия актинометра основан на поглощении падающей радиации зачернённой поверхностью и превращении её энергии в теплоту. Актинометр является относительным прибором, т.к. об интенсивности радиации судят по различным явлениям, сопровождающим нагревание, в отличие от пиргелиометров - приборов абсолютных. Известны актинометр Михельсона и термоэлектрический актинометр Савинова-Янишевского.

#### Приборы для измерения рассеянного и суммарного солнечного излучения

Пиранометр - прибор для измерения суммарной и рассеянной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность. В России принят пиранометр Ю. Д. Янишевского, в котором приёмником радиации служит термоэлектрическая батарея, составленная из манганиновых и константановых полосок, соединённых последовательно. Термобатарея защищена от действия инфракрасной радиации атмосферы, ветра и осадков стеклянным колпаком.

Для измерения рассеянного солнечного излучения применяют пиранометр с затеняющим шариком или полосой. Затеняющий шарик или полосу располагают так, чтобы исключить попадание прямого излучения на термобатарею.

Альбедометр - фотометрический прибор для измерений плоского альбеда различных веществ и материалов. Для измерений альбеда земной поверхности применяют походный альбедометр - сочетание двух пиранометров - приборов для измерений солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность; приёмная поверхность одного обращена к Земле и воспринимает отраженное от земной поверхности излучение, а другого - к небу и регистрирует падающее суммарное излучение.

Гелиограф - прибор для автоматической регистрации продолжительности солнечного сияния, т. е. времени, когда Солнце находится над горизонтом и не закрыто облаками. Существует много конструкций гелиографа. В России используется гелиограф Кэмпбелла-Стокса, в котором неподвижный шар служит линзой, собирающей лучи Солнца на картонной ленте, разделённой часовыми линиями. Лента прожигается солнечными лучами, если облученность превышает  $0,3-0,4 \text{ кал/см}^2 \text{ мин}$ . Вследствие видимого суточного движения Солнца прожог имеет вид линии, длина которой служит мерой продолжительности сияния. В современных гелиографах фотоэлементом регистрируется световой импульс при превышении интенсивности излучения  $120 \text{ Вт/м}^2$ .

#### Проблемы современной солнечной метрологии

В России парк отечественных приборов, к сожалению, в настоящее время не обновляется. В стране, начиная с 1987 г. начала резко сокращаться сеть гидрометеорологических наблюдений, в результате чего количество станций и постов за период 1987-1991 гг. уменьшилось на более, чем 20 %, а за 1992-1999 гг. еще на 10% (станций) и 20% (постов). Только сейчас положение начинает немного исправляться, хотя до сих пор, например, в стране не налажено производство актинометров и пиргелиометров, которые в советское время производились тбилиским заводом.

За рубежом в дополнение к существующей сети гидрометеорологических наблюдений в настоящее время создаются центры обработки спутниковых данных, а также кафедры энергетической метеорологии, задачей которых является анализ данных с точки зрения оптимального использования технологий возобновляемой энергетики. В частности, активно применяется техника интегрирования для наружных калибровок радиометра широкополосной сети, с целью планирования и исправления геометрических отклонений отбоя в пиранометрах, развернутых в испытательном участке NREL (National Renewable Energy Laboratory – Национальной Лаборатории Возобновляемой Энергии) [3]. При калибровке радиометров (которые являются нечувствительными к наклону) их ответ может быть получен по диапазону углов сферы действия от  $0^{\circ}$ , по крайней мере, до  $85^{\circ}$ .

Появление диодного множества спектрографических инструментов обеспечивает возможность получать спектральные данные очень быстро и в большом количестве. Однако, даже изготовители этих инструментов заявляют, что использование инструментов для абсолютных спектральных радиометрических измерений «печально трудно».

#### Возможности фототермоэлектрического радиометра

Принцип действия фототермоэлектрического радиометра, разработанного для абсолютной калибровки оптического излучения, был описан в ряде публикаций [1, 2].

Использование оптического радиометра с простым дизайном, включающим в себя составной элемент приемника в открытом случае для работы в атмосфере, позволяет избежать проблем со стеклянним окном. Тепловой элемент приемника базируется на стандартной технологии, которая позволяет создавать термальные электрические элементы и резистор замены для электрической калибровки в одной кремниевой вафле. Были проанализированы основные компоненты абсолютных погрешностей в криогенном радиометре и в составном оптическом радиометре [4]. Фототермоэлектрический радиометр имеет множество преимуществ в сравнении с известными устройствами: высокий коэффициент неэквивалентности электрической замены; независимая оптическая калибровка, низкая масса и небольшие размеры, данный радиометр не имеет потребности в низких температурах и вакуумном оборудовании с материалами расходов.

Фототермоэлектрический радиометр может использоваться для калибровки солнечных элементов с лазерным излучением. Именно поэтому установка для измерения параметров солнечных элементов была создана на кафедре ЮНЕСКО в ВИЭСХ, где солнечные элементы используются для образовательных целей. Это оборудование используется и для научных исследований, обучения студентов в течение их практической работы в ВИЭСХ, для обучения аспирантов.

Исследование показало возможность работы фототермоэлектрического радиометра на международных периодических сравнениях и даже для распространения единицы люминесцентной интенсивности, «Кандела» в национальных и международных схемах сравнения.

Максимальная масса фототермоэлектрического радиометра, включая все измерения,

управление и подачу устройств, не превышает пяти кг при различных разработанных конструкциях блоков питания и обработки сигналов.

Использование в одной оптической схеме двух независимых, но чрезвычайно различных методов калибровки (традиционного и нового) значительно повышает надежность результатов измерения и таким образом внесет вклад в прогресс науки и техники.

Таким образом, разработки российских ученых, продемонстрированные в [4, 5] позволяют на базе кремниевой интегральной технологии с учетом накопленного опыта разработки абсолютного радиометра лазерного излучения создать прибор, который мог бы стать основой для измерителей солнечного излучения нового поколения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Govor I., Sedykh D., Strebkov D., Tyukhov I. (2001) Monitoring of solar-terrestrial energy relationship, Proceedings of ASES Annual Conference «Forum 2001, Solar Energy: The Power to Choose», Edited R. Cambell Howe, Washington, DC, USA, p. 279-284.
2. Govor I., Sedykh D., Strebkov D., Tyukhov I. (2002) Photo-thermoelectric radiometer for calibration solar cells and optical metrology, The Proceedings 4th ISES EuropeSolar Congress EuroSun02. Published by ISES Italy, - ISBN 88-900893-0-X.
3. Myers D. R., Reda I. M., Wilcox S. M. Solar Radiation Measurements, Instrumentation, and Uncertainty Progress in Solar Energy, Nova Science Publishers, Inc..In Press.
4. Говор И.Н., Седых Д.А., Стребков Д.С., Тюхов И.И. Глобальное изменение климата, солнечная постоянная и тенденции современной энергетики Топливо-энергетический комплекс, научно-аналитический журнал, №3, 2004, с.61-62.
5. Близнюк В.В., Корецкая И.В., Тарасов Е.А., Тюхов И.И. Применение радиометра лазерного излучения в солнечно-энергетических технологиях. Сборник научных трудов и инженерных разработок. 6-я специализированная выставка «Изделия и технологии двойного назначения. Конверсия ОПК», 18-21.

УДК 629.78.03: 621.4

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОАККУМУЛИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С.Л. Финогенов<sup>1</sup>, О.И. Кудрин<sup>1</sup>, А.Б. Панов<sup>1</sup>, И.А. Удалова<sup>1</sup>,  
Seo Kyong Su<sup>2</sup>, Sin Dong Sun<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Московский авиационный институт (МАИ)*

<sup>2</sup> *Korea Aerospace Research Institute (KARI), Daejeon, Korea*

Одним из перспективных путей повышения эффективности космических энергосиловых установок (ЭСУ) является использование внешних энергетических ресурсов, из которых наиболее доступной является энергия солнечного излучения. К важным компонентам ЭСУ с

солнечным источником мощности относятся накопители преобразованной в тепло концентрированной солнечной радиации, что позволяет ее последующее использование в термодинамических циклах тепловых машин. Эффективными накопителями тепла являются фазопереходные тепловые аккумуляторы (ТА), использующие скрытую теплоту плавления энергоаккумулирующих веществ (ЭАВ). К преимуществам таких ТА по сравнению с альтернативными (например, твердофазными, запасующими энергию только за счет теплоемкости) относят высокую энергоемкость и небольшой перепад рабочих температур; недостатками являются низкая теплопроводность большинства фазопереходных ЭАВ, коррозионная активность их расплавов, а также значительное – до 30% и более - изменение объема при фазовых переходах, что ограничивает надежность таких ТА (особенно при многоцикловом тепловом нагружении в условиях невесомости) и затрудняет их практическую разработку. В космической технике используются теплонапряженные энергосиловые системы, поэтому здесь представляют интерес тугоплавкие энергоемкие ЭАВ, в частности, оксиды и соли легких металлов и их эвтектические соединения с высокой теплотой плавления, обеспечивающие приемлемые массогабаритные показатели. Выбор ЭАВ, схемы и конструкции ТА определяется целевым назначением ЭСУ.

Включение ТА в состав высокотемпературной системы концентратор-приемник (КП) обеспечивает работу ЭСУ на теневых участках орбиты. Энергомассовая эффективность таких установок существенно зависит от выбранной траектории полета. В случае движения по траектории расходящейся спирали при непрерывно работающей ЭСУ в двигательном режиме габариты и масса системы КП должны быть заметно увеличены по сравнению с работой на полностью освещенных траекториях (до 50-60% на низких орбитах [1]) для обеспечения непрерывной работы установки и одновременного накопления энергии в ТА для продолжения активного движения КА на теневых участках спирали, абсолютное время пребывания на которых может быть значительным. Поэтому такая схема выведения недостаточно эффективна, в том числе и с точки зрения динамики полета вследствие больших гравитационных потерь.

Энергетически более выгодной является многовитковая переходная траектория с периодическими включениями ЭСУ в апсидальных областях орбиты после расплавления ЭАВ во время пассивного движения между активными участками, что за счет увеличения продолжительности полета существенно снижает затраты характеристической скорости и позволяет сократить размерность системы КП-ТА, поскольку солнечная энергия направляется здесь только на повышение энтальпии ЭАВ. При этом упрощается поиск целесообразной траектории – если для ЭСУ без ТА требуется выбор освещенных активных участков, то в случае ТА возможны апсидальные маневры транспортного космического аппарата (КА) в теневых зонах. В ряде задач такое периодическое аккумулирование тепла позволяет увеличение выводимой на высокие орбиты полезной нагрузки (ПН) [4] по сравнению с обыкновенно рассматриваемыми ЭСУ за счет уменьшения массы зеркального солнечного концентратора (особенно металлического типа с большой удельной массой),

поскольку при относительно длительных пассивных участках для аккумуляции тепла требуется меньшая мощность и масса системы КП, и также за счет снижения гравитационных потерь, поскольку тяга такого солнечного ракетного двигателя, как базового элемента ЭСУ, при быстром разряде ТА может быть достаточно высокой, заметно сокращающей продолжительность активных участков.

При оценке эффективности использования ЭСУ с ТА в полете решалась обратная проектно-баллистическая задача выведения ПН на геостационарную орбиту (ГСО) при заданной начальной массе КА на стартовой орбите и ограничениях на продолжительность полета. В качестве показателя эффективности принималась масса ПН. Начальная масса заправленного КА на низкой опорной орбите принята равной 8000 кг, что соответствует верхней ступени РН «Союз-2» на исходной орбите с наклоном  $51,6^\circ$ . Поскольку при работе в двигательном режиме ЭСУ с солнечным источником мощности занимает промежуточное положение между химическими и электрическими ракетными двигателями как по тяге, так и по удельному импульсу, то для выполнения рассматриваемого класса маневров целесообразной по баллистическим и энергомассовым показателям является продолжительность перелета от одного до двух месяцев. Время полета определяет требуемый уровень тяги такой ЭСУ (десятки-сотни ньютонов). Определяющими параметрами системы КП-ТА, оказывающими существенное влияние на энергомассовую эффективность полета, являются точность солнечного зеркала-концентратора параболоидного типа или степень концентрации солнечного излучения на известном удалении от Солнца и заданном угле раскрытия параболоида, размер зеркала, масса ТА, включающая массу ЭАВ, элементы конструкции и теплоизоляции, а также соотношение масс концентратора и ТА (что особенно важно в случае тяжелого зеркала) применительно к рассмотренной номенклатуре ЭАВ [4]. Если в случае ЭСУ без ТА температура приемника является важным параметром системы КП и оптимизируется совместно с параметром точности концентратора [3], то в данном случае температура приемника-аккумулятора принимается постоянной, равной температуре плавления ЭАВ. Рассматривались тугоплавкие оксиды BeO и  $3\text{BeO}-2\text{MgO}$  с высокой теплотой плавления, а также энергоемкие, но менее тугоплавкие бериллий и соединения лития LiH и LiF.

На рис. 1 представлена зависимость полезной массы на ГСО, от соотношения масс концентратора и ТА на примере использования в качестве ЭАВ композиции  $3\text{BeO}-2\text{MgO}$  (для каждого ЭАВ существуют оптимальные соотношения масс зеркала и ТА). В данном примере время выведения равно 40 суткам. Видно, что масса концентратора должна находиться на уровне 20-30% от полной массы ТА. Рост массы концентратора очевидным образом снижает массу ПН. Однако с позиций полетной эффективности чрезмерное снижение массы концентратора также нежелательно, поскольку для этого потребуется уменьшение удельной массы зеркала, либо сокращение его площади (при решении оптимизационной задачи оба этих фактора оказываются взаимосвязанными). В свою очередь, уменьшение удельной массы зеркала возможно либо путем разработки и внедрения

новых технологий с соответствующими затратами времени и средств, либо снижением оптической точности зеркал и КПД системы КП с ограничением достижимой температуры нагрева рабочего тела (водорода) и удельного импульса ЭСУ. Снижение площади концентратора приводит к увеличению времени аккумуляирования, что на начальном этапе выведения сопровождается ростом числа витков пассивного полета, необходимого для заряда ТА.

Отметим, что программа изменения полного импульса тяги (закон увеличения продолжительности активных участков), совместно со статическими параметрами двигателя представляющая объект оптимизации, в некоторых задачах может быть реализована путем частичного расплавления ЭАВ на начальных этапах полета. В этом случае конструктивные параметры ТА должны удовлетворять динамике формирования начального и автотельного участков плавления-затвердевания ЭАВ на различных режимах работы ЭСУ. Поэтому синтез программы управляемого движения КА требует системных исследований с учетом возможностей ее реализации на уровне подсистем двигателя.

Зависимость массы ПН от параметра точности концентратора представлена на рис. 2 (точность зеркала  $\Delta\alpha$  здесь определяется по О.И.Кудрину [2] как достаточно наглядная величина и легко может быть пересчитана в точность по Р.Р.Апариси). Масса ПН особенно чувствительна к точности зеркала в случае тугоплавких ЭАВ типа ВеО вследствие низкого КПД обыкновенно рассматриваемых приемников простейшего - равнотемпературного типа (плоских или полостных в виде абсолютно черного тела с высокими потерями на обратное собственное излучение) при высокой температуре нагрева (для ВеО около 2800К). КПД приемника определяет габариты концентратора, необходимые для накопления энергии в ТА за время пассивного движения по орбите, и существенно зависит от параметра точности  $\Delta\alpha$ . Малые оптимальные по массе ПН отклонения отражающей поверхности от теоретической, характеризуемые диапазоном параметра точности  $\Delta\alpha=0.2-0.4^\circ$ , могут быть реализованы с использованием твердых разворачиваемых в космосе зеркальных конструкций (надувные пленочные технологии, в том числе с отверждением поверхности [1,5], по-видимому, здесь мало применимы, в том числе из-за значительной доли диффузной составляющей при отражении и из-за потери точности при длительном функционировании в космосе). Это определяет большие значения удельной массы зеркала ( $2-4 \text{ кг/м}^2$ ) и полной массы системы КП. Однако высокий удельный импульс (свыше 900 сек. без учета потерь) позволяет снизить требуемую массу водорода и криогенного бака и обеспечивает высокую энергомассовую эффективность полета.

Необходимо отметить, что в случае тугоплавких ТА требуется достаточно точная продолжительная ориентация системы КП на Солнце. Упростить условия слежения за Солнцем возможно, в частности, путем автоподслеживания за положением светового пятна на поверхности приемника [1,2]. Отклонение оси системы КП от прицельного направления на Солнце в таком динамическом режиме слежения не должно превышать  $\pm(0.7-1)^\circ$ . При этом, как показывает обработка данных экспериментальных исследований [2], приемником-



аккумулятором улавливается не менее 80% концентрированной солнечной радиации в случае зеркала с угловой апертурой  $60^\circ$ . Высокие требования к точности ориентации, присущие любой ЭСУ с системой КП, в данном случае упрощаются путем разделения процессов слежения за Солнцем во время накопления энергии при пассивном движении и последующего уже включения двигателя после окончания заряда ТА (заметим, что точность ориентации остронаправленных антенн спутников связи может достигать  $\pm 0,1^\circ$ ). Для менее тугоплавких ЭАВ требуемая точность зеркала снижается. Так, для композиции  $3\text{BeO}-2\text{MgO}$  с температурой плавления 2153К целесообразные значения параметра точности  $\Delta\alpha=0.5-0.6^\circ$  легко реализуются на практике. Точность ориентации системы КП на Солнце в динамическом режиме слежения при этом составляет  $\pm(1,1-1,2)^\circ$ .

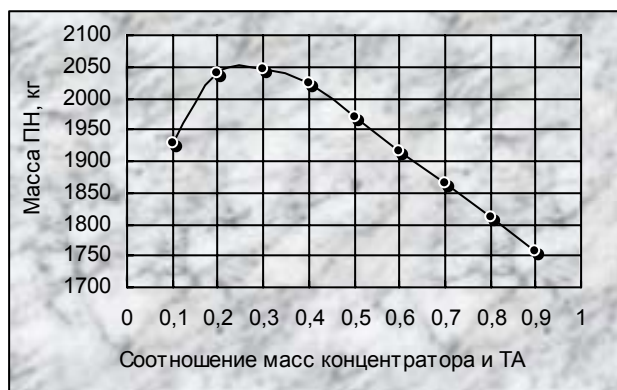


Рис. 1. Зависимость массы ПН от соотношения масс концентратора и ТА на примере  $3\text{BeO}-2\text{MgO}$ .

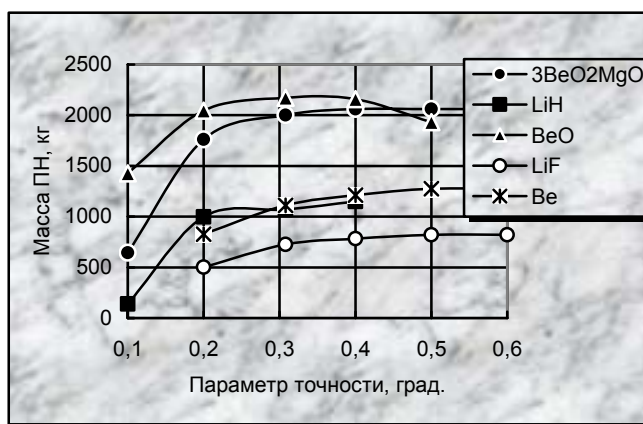


Рис. 2. Зависимость массы ПН от параметра точности зеркала.

Продолжительность полета существенно влияет на габариты и массу системы КП-ТА. Зависимости диаметра концентратора, как наиболее габаритного элемента двигателя, в значительной мере определяющего инерционные свойства и управляемость КА, от времени выведения на ГСО для различных ЭАВ показаны на рис. 3. Полученные кривые для рассматриваемой номенклатуры ЭАВ являются эквидистантными и принадлежат достаточно узкой области значений. Тугоплавким теплоаккумулирующим материалам соответствуют большие требуемые габариты системы КП, что объясняется, в том числе, снижением КПД

приемника (уменьшения воспринятой им доли падающей от зеркала энергии) при росте температуры.

Очевидно, что изменение размера зеркала (т.е. изменение количества энергии концентрированного солнечного излучения, попадающего в приемник-аккумулятор за время пассивного полета) приводит к изменению количества расплавленного ЭАВ, поэтому каждому времени полета соответствует определенная масса ТА (рис. 4), причем меньшая масса соответствует более тугоплавким ЭАВ.

Поскольку создание надежных фазопереходных ТА для космических целей представляет сложную техническую задачу (как и системы КП-ТА в целом), снижение размерности солнечного источника тепла за счет умеренного увеличения продолжительности полета может быть когда-то оправдано при обеспечении длительного хранения криогенных компонентов. При этом снижается требуемая энергоемкость ТА и, соответственно, уменьшается полный импульс каждого включения двигателя, что требует увеличения числа включений. Допустимое снижение массы (и, соответственно, энергоемкости) ТА может быть определено при совместном анализе зависимостей масс ТА и ПН от времени выведения (рис.5).

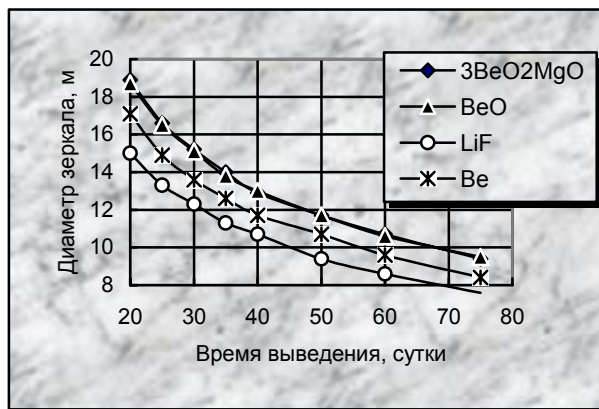


Рис. 3. Зависимость диаметра зеркала от времени полета.

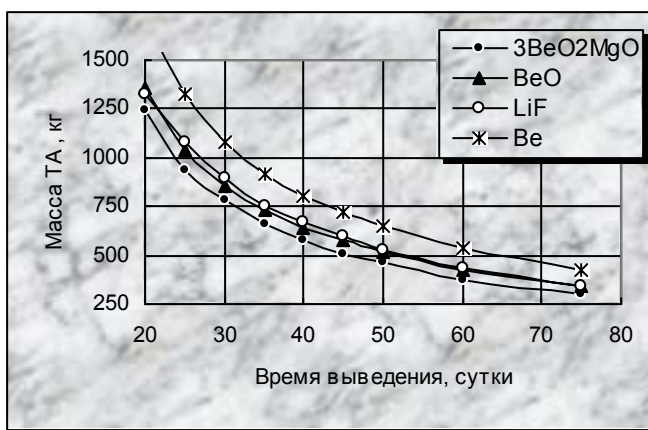


Рис. 4. Зависимость массы ТА от времени полета.

Представленные на рис. 5 зависимости показывают целесообразный интервал времени выведения от 30 до 60-70 суток. Меньшая продолжительность полета сопровождается

нелинейным ростом массы КП-ТА и падением массовой эффективности КА. Увеличение продолжительности полета сопровождается асимптотическим ростом массы ПН. Очевидно, что в этом интервале целесообразно использование ТА с тугоплавкими ЭАВ. Так, в случае BeO масса ПН, выводимая на ГСО за 40 суток, составляет около 2250 кг. Для сравнения отметим, что в случае ЖРД масса ПН на ГСО в рассматриваемой задаче составляет 1060 кг. Таким образом, использование ЭСУ с высокотемпературными ЭАВ позволяет более чем вдвое повысить энергомассовую эффективность современных космических средств. С увеличением времени полета свыше 60-70 суток в некоторых задачах могут оказаться целесообразными и менее тугоплавкие ЭАВ типа LiH, однако здесь следует учесть, что большие времена полета соответствуют области рационального использования электрореактивных двигателей с их более высоким удельным импульсом тяги.

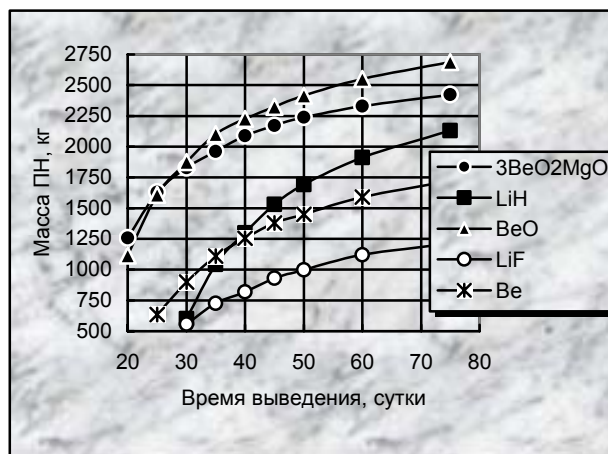


Рис. 5. Зависимость массы ПН от времени полета.

*Работа выполнена при финансовой поддержке в форме гранта T02-14.0-2418 Министерства Образования РФ по фундаментальным исследованиям в области технических наук (раздел 14 «Космические исследования»).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грилихес В.А., Матвеев В.М., Полуэктов В.П. Солнечные высокотемпературные источники тепла для космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1975. – 248 с.
2. Кудрин О.И. Солнечные высокотемпературные космические энергодвигательные установки. - М.: Машиностроение, 1987. - 247с.
3. Финогенов С.Л., Кудрин О.И. Принципы системности в проектировании солнечного теплового ракетного двигателя. /Системный анализ в технике. Тематический сборник научных трудов. Выпуск 8. - М.: Вузовская книга, 2005. – С. 36 - 80.
4. Finogenov S.L., Kudrin O.I. Solar Thermal Propulsion with Thermal Energy Storage. IAF Paper 1993, № R.3.442. 44<sup>th</sup> Congress of the International Astronautical Federation. October 16-22, 1993. Graz, Austria.
5. Frye P.E., Kennedy F.G. Reusable Orbital Transfer Vehicles (ROTV) Applications of an Integrated Solar Upper Stage (ISUS). - AIAA Paper 1997, № 97-2981. 33<sup>rd</sup> AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit. July 6-9, 1997. Seattle, WA, USA.

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ

Н.Д. Хоменко, А.В. Воронин

*Государственный университет управления, г. Москва*

Для обеспечения эффективного управления (особенно в области обеспечения экологической безопасности) нужны современные информационные базы, технологии и методы управления, основанные на них.

Оценка состояния, прогнозирование и принятие управленческих решений в природно-ресурсном комплексе, охране окружающей среды, реализация функций государственного контроля в сфере природопользования и экологической безопасности неразрывно связаны с необходимостью осуществления сбора, передачи, хранения и системного анализа многочисленных и разнородных потоков информации, которые являются общегосударственным достоянием.

Темп жизни современного руководителя, как правило, очень динамичен. От него (особенно при принятии решений в области обеспечения экологической безопасности) требуется принимать решения быстро, квалифицированно. При этом он обычно играет следующие социальные роли:

Во-первых, это *управляющий*, облеченный властью, руководящий большим коллективом людей;

Во-вторых, это *лидер*, способный вести за собой подчиненных, используя свой авторитет, высокий профессионализм, положительные эмоции.

В-третьих, это *дипломат*, устанавливающий контакты с партнерами и властями, успешно преодолевающий внутренние и внешние конфликты.

В-четвёртых, это – *воспитатель*, обладающий высокими нравственными качествами, способный создать коллектив и направляющий его развитие в нужное русло.

В-пятых, это – *инноватор*, понимающий роль науки в современных условиях, умеющий оценить и без промедления внедрить в производство то или иное изобретение или рационализаторское предложение.

В-шестых, это *просто человек*, обладающий высокими знаниями и способностями, уровнем культуры, честностью, решительностью характера и в то же время рассудительностью, способный быть во всех отношениях образцом для окружающих.

При этом в процессе управления руководителю необходимо кроме других важных и нужных функций осуществлять две, на наш взгляд, самые принципиальные:

- организация и планирование деятельности коллектива и своей собственной работы;
- ознакомление со всеми новинками и идеями в мире бизнеса, экологической безопасности, техники и технологий, в области нормативно-правового базиса, отбор, выдвижение и рассмотрение новых идей и предложений.

Лавинообразное увеличение номенклатуры потребительских товаров, рост многообразия

и сложности технологических процессов (как неизбежное следствие повышения эффективности) в настоящее время часто (без принятия соответствующих мер и дополнительных капиталовложений) достигается путём использования технологий, применение которых «напрямую», как правило, вредно для окружающей среды. По этой причине создаются специальные органы (государственные, частные, общественные), осуществляющие контроль экологической безопасности (например, путём осуществления ОВОС, экологической экспертизы и аудита, лицензирования, сертификации и т.д.). Помимо этого, вышеописанные события могут привести к принятию неэффективных и несвоевременных решений.

Для осуществления профессионального и качественного контроля требуется хорошая база данных, отражающая как нормативно-правовые требования и прецедентные реальные ситуации, так и современные научные и технологические достижения. Информация о технических достижениях должна быть полной, объективной и содержать критические анализы и рецензии по конкретным техническим объектам (материалам, процессам, оборудованию и т.д.), позволяющим лицу, принимающему решение, оценить современную ситуацию и принять правильное (оптимальное) управленческое решение. А вот обеспечить создание (наличие) такой базы не так просто.

Если у нас есть узкий канал информации (например, один узкоспециализированный журнал или периодически издаваемые ведомости, обзоры и т.д. на заданную тему для руководителей), в который информация тщательно и профессионально отбирается, то этот канал создаёт «эффект узкого горла». Новые идеи поступают к руководству с задержкой, и есть возможность, что некоторые перспективные идеи не будут оценены редакторами -- экспертами и не найдут своей поддержки достаточно долгое («золотое», в современных условиях) время. Это может негативно сказаться на эффективности управления.

Рассмотрим другой случай. Вся информация публикуется практически без экспертизы и рецензии в многочисленных сборниках, ведомственных журналах, трудах конференций и т.д. Объять весь этот поток информации даже активному и профессионально грамотному управленцу практически не по силам, не говоря уже и об эффективной оценке перспективных технических решений.

По-видимому, особенно в области управления экологической безопасностью, должен быть разработан иерархический порядок подготовки информации (управленческой базы данных) для руководителя. Первичная публикация материалов должна быть максимально демократична и *практически* доступна для каждого специалиста (организации). После первичной публикации должен производиться экспертный отбор:

- интересных, но непроверенных идей;
- технических достижений, которые могут стать базой технического прогресса;
- отработанных технических решений, требующих широкого распространения и внедрения
- другие критерии обобщения и отбора, задаваемые конкретным руководителем.

Для управленца-руководителя информация должна поступать в виде обзора с краткими персональными комментариями специалистов, мнению которых он доверяет или к которым прислушивается. В какой-то степени эта система существовала в СССР, но она не была нацелена на управленцев, руководителей, ведущих менеджеров.

Кроме того, обработать первичную информацию не так-то просто технологически без помощи ЭВМ. А для компьютерной обработки необходимо всю первичную техническую информацию, публикуемую без рецензий и экспертиз, предоставлять в максимально стандартизированной форме. Форма-стандарт публикаций, закреплённый на уровне нормативно-правового документа. Страшного для разработчика (автора идеи) здесь ничего нет, т.к. при наличии интереса его найдут и на коммерческой (или иной) основе предложат сотрудничество.

Сам алгоритм первичной компьютерной обработки, конечно, не прост, но его схему и принципы построения разработаны и могут быть донесены специалистам-программистам. На его основе должен быть создан гибкий пакет достаточно однородных программ, учитывая разные интересы и запросы управленцев-экологов и просто руководителей, принимающих решения.

При первичной компьютерной обработке по заказу, необходимо обеспечить защиту информационных систем от несанкционированного доступа, так как задаваемые параметры поиска и составленная база несут коммерческую информацию.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А.М. Чуркин

*Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет*

Эколого-экономические последствия производства и реализации электроэнергии (экстерналии), которые непосредственно не сказываются на экономическом положении самих субъектов этой деятельности и не принимаются ими во внимание, необходимо учитывать в общем экономическом анализе использования того или иного способа получения энергии. Иначе, себестоимость, получаемая только в результате калькулирования затрат, которые несет производитель электроэнергии, реально может быть занижена.

Важнейшими структурными элементами ущерба, наносимого энергетической промышленностью, являются следующие:

1) Материальный ущерб – ущерб наносимый «рукотворному» капиталу, используемому в производстве. Данный вид ущерба выражается в преждевременном износе оборудования, зданий и сооружений в результате коррозии и других факторов, являющихся следствием воздействия на материальные объекты загрязненной природной среды, а также в соответствующей потере рыночной ценности объектов жилой, производственной недвижимости и другого имущества. Компенсация или предупреждение этого ущерба

оборачивается дополнительными затратами.

2) Ущерб здоровью и жизни людей, обусловленный воздействием загрязненной природной среды на уровень заболеваемости и смертности населения, на сокращение продолжительности их активной жизнедеятельности и снижение производительности их труда. Данный ущерб приводит к повышенным затратам в здравоохранении, недопроизводству заболевшими по экологическим причинам чистой продукции, затратам на оплату больничных листов и др.

3) Ущерб природным ресурсам и экологическим системам, а также отраслям, использующим природные ресурсы в качестве основных факторов производства. Этот ущерб обусловлен снижением вследствие загрязнения природной среды почвенного плодородия, продуктивности сельскохозяйственных земель и потерей соответствующих доходов, падением продуктивности и доходов в лесном хозяйстве. Ущерб, связанный с загрязнением водоемов, используемых в производственных целях и для питьевого водоснабжения, а также вследствие снижения рыбохозяйственной ценности водоемов и, наконец, ущерб, причиняемый природоохраным и реакционным территориям, видовому разнообразию растительного и животного мира.

Общий экономический ущерб от загрязнения окружающей среды необходимо рассчитывать по отдельным его составляющим, которые затем следует суммировать.

Топливные энергетические станции (ТЭС) сейчас являются самым неблагоприятным для окружающей среды источником энергии. Воздействие происходит по всем направлениям: атмосфера, вода, земля.

Образующиеся на ТЭС продукты сгорания, выбрасываемые в атмосферу, содержат оксиды азота  $\text{NO}_x$ , углерода  $\text{CO}_x$ , серы  $\text{SO}_x$ , углеводороды, пары воды и другие вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях. Удаляемые из топки зола и шлак образуют золошлакоотвалы на поверхности литосферы. Воздействие ТЭС на водные объекты заключается главным образом в сбросе технологических водных стоков.

АЭС гораздо в меньшей степени влияют на других хозяйственных субъектов. Работа АЭС чревата радиоактивным загрязнением окружающей среды, что может отрицательно сказаться на здоровье местных жителей, качестве и репутации товаров, произведенных в соответствующей области.

В результате функционирования ГЭС нарушается равновесие экосистемы водоема - может поменяться видовой состав организмов в нем, а, следовательно, исчезнуть ценные породы рыбы. Работа ГЭС также способна влиять на местный климат, что может сказаться на сельском хозяйстве.

Нетрадиционные методы получения энергии, солнечные электростанции и ветроустановки, практически не создают никаких помех для людей, животных, промышленности и сельского хозяйства. Единственными недостатками ветроэнергетики с этой точки зрения являются: создаваемый шум и угроза для жизни птиц.

Вследствие ограниченности энергетических ресурсов и образовании при их

использовании загрязняющих агентов важным критерием экономической и экологической целесообразности использования тех или иных источников электроэнергии является показатель природоемкости соответствующих электростанций.

Отраслевой уровень природоемкости рассчитывается по формуле:

$$E = N / V$$

где: N – затраты природного ресурса; V – производство продукции.

Солнечное излучение и ветер являются бесконечными и экологически безвредными энергетическими источниками, что позволяет не учитывать их затраты. Среди традиционных типов электростанций строгий контроль природоемкости необходим в первую очередь для ТЭС, так как энергия рек считается неисчерпаемым источником энергии, а АЭС имеет гораздо меньшее негативное воздействие на окружающую среду.

Себестоимость производства электроэнергии является главным критерием при выборе способов ее производства. На сегодняшний день традиционные технологии, по сравнению с альтернативными, остаются более дешевыми. Производство солнечной и ветровой энергии не несет затрат на топливо, а затраты на заработную плату рабочих меньше, чем на электростанциях традиционных типов. Однако солнечные и ветровые установки имеют более высокую фондоемкость при меньших сроках амортизации.

Себестоимость одного кВт ч электроэнергии приведена в таблице.

Таблица 1.

Себестоимость получения электроэнергии от различных источников [1]

| Источник электроэнергии | Вид ресурса           | Себестоимость руб./кВт ч |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| ТЭС                     | Газ                   | 0,3 – 0,5                |
|                         | Уголь                 | 0,5 – 0,8                |
|                         | Мазут                 | 0,6 – 0,8                |
| ГЭС                     | Потоки воды           | 0,05 – 0,1               |
| АЭС                     | Радиоактивные металлы | 0,3 – 0,5                |
| ВЭУ                     | Потоки ветра          | 0,6 – 0,7                |
| СЭС                     | Излучение Солнца      | 0,7 – 0,8                |

Одной из составляющих себестоимости получения электроэнергии является плата за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду.

Известно, что при сжигании одной тонны условного топлива можно получить в среднем 3000-4000 кВт ч. Согласно расчетам, за загрязнения окружающей среды ТЭС платят от 4 до 14,5 рублей на тонну сжигаемого топлива, то есть 0,001-0,0048 рублей на кВт ч. Эти величины составляют не более 1% в общей доле себестоимости электроэнергии.

Существующие на сегодняшний день в России меры компенсации ущерба, причиняемого



электростанциями, не являются адекватными реальному экономическому урону от производства электроэнергии.

Экономические издержки производства энергии следует рассматривать не на уровне производителя, а в масштабах экономики всего государства. Эффект экстерналий, вызываемых работой электростанций, делает необходимым разрабатывать новые, выгодные с экономической и экологической позиций, технологии получения энергии. Наиболее перспективными из них на сегодняшний день являются солнечные и ветровые энергоустановки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов В.В., Барыкин С.Е. Экономика электроэнергетического комплекса. – СПб: Издательство СПбГПУ, 2003. – 206с.
2. Штриплинг Л.О., Гужулев Э.П., Чебакова И.Б. Теплоэнергетика и экологические проблемы. – Омск: Издательство ОмГТУ, 2004.-164с.
3. Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу: Учебное пособие/П.В. Росляков, И.Л. Ионкин, И.А. Закиров и др.; Под ред. П.В. Рослякова. –М.: Издательство МЭИ, 2004

## ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ (ВИЭ) В ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОМ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИИ)

М.Ю. Шарипов

*Байкальский институт природопользования Сибирского отделения РАН,  
г. Улан-Удэ*

Переход Байкальской природной территории к устойчивому развитию может и должно происходить в контексте соразвития природоохранной и хозяйственной деятельности. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), являются примером этого гармоничного совмещения. Федеральный закон РФ «Об охране озера Байкал» (1999), и другие программные природоохранные документы делают приоритетным развитие на Байкальской природной территории экологобезопасных технологий. Одним из ключевых регионов Байкальской природной территории является Республика Бурятия. Стратегическая цель социально-экономического развития Бурятии – обеспечение динамичного развития потенциала Республики для достижения устойчивого роста уровня жизни населения, основой для чего служит модернизации экономики, повышения эффективности в контексте экологизации, обусловленной необходимостью сохранения уникальной экосистемы оз. Байкал.

Таблица 1.

## Положительные и отрицательные стороны использования ВИЭ

| Плюсы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Минусы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Неисчерпаемость и экологичность (большой потенциал)<br>2. Сохранение углеводородов<br>3. Органичность в энергетическом балансе планеты<br>4. Распространенность<br>5. Соответствие концепции устойчивого (сбалансированного) развития<br>6. Сглаживание конфликтов на почве энергодефицита<br>7. Прогрессирующее удешевление в связи с постоянным развитием технологии (в производстве и эксплуатации)<br>8. Быстрая окупаемость<br>9. Возрастающее КПД и удешевление<br>10. Монтаж оборудования непосредственно у потребителя (дороговизна монтажа ЛЭП, потери в сетях 24,7% для РБ)<br>11. Энергонезависимость районов при чрезвычайных ситуациях | 1. Низкая плотность и рассеянность энергии ветра, солнца и т.д. солнечная 0,41,0 кВт/м <sup>2</sup> , ветровая - 0,10,4 кВт/м <sup>2</sup><br>2. Непостоянство мощности во времени<br>3. Капитальные затраты на сооружение энергоустановок на основе ВИЭ превышают капитальные затраты на энергоустановки на ископаемом топливе (проблема стоимости)<br>4. Звуковое и вибрационное загрязнение от ветроэнергетических установок<br>5. Землеёмкость (удельная землеёмкость ветроэнергетических парков может достигать 50 га/МВт). |

Прим.: Таблица составлена по литературным источникам.

Развитие туристско-рекреационного комплекса полностью отвечает стратегическим приоритетам РБ, туризм способен стать точкой роста экономики региона в целом. Развитие туризма должно основываться на создании современной материальной базы и инфраструктуры туризма, одной из составляющих которой будет являться современная, надежная систем теплоэнергообеспечения на основе использования ВИЭ. Экономическая и экологическая целесообразность развития туризма для республики очевидна: дополнительный импульс развития экономики, основанный на мультипликативном эффекте.

Учитывая экологические, культурно-исторические особенности актуальным становится развитие номадного (кочевого) животноводства, которое позволит производить экологически чистый продукт, создать рабочие места, тем самым закрепить часть сельского населения на местах. Очевидно, что обеспечение кочевых стоянок электро- и теплоэнергией наиболее целесообразно производить передвижных источников энергии на основе ВИЭ.

В июле 2005 г. вступил в силу Федеральный закон «Об особых экономических зонах (ОЭЗ) в Российской Федерации», уже 17 марта 2006г. Госдума РФ в первом чтении приняла

поправки о создании и функционировании туристско-рекреационных ОЭЗ. На сегодняшний день РБ предложен проект создания ОЭЗ туристско-рекреационного типа «Байкал». Проектируемая ОЭЗ создается в непосредственной близости от оз. Байкал в Прибайкальском районе Бурятии, на территории площадью свыше 70 тыс. га. Для России это крупнейший туристско-рекреационный комплекс на Востоке, (рекреационная емкость БПТ по оценкам английской фирмы ERM до 2 млн. чел/год). Необходимо создание мощностей по насыщению проектируемой ТР ОЭЗ в энергии, с учетом планируемого годового потока отдыхающих. На сегодняшний день, существенное развитие сети централизованного энергоснабжения на Байкальской природной территории не рассматривается. Поэтому становится актуальным использование для энергодефицитной территории Республики Бурятия возобновляемых источников энергии. Также необходимо учитывать ограничения хозяйственной деятельности в Центральной экологической зоне и, в том числе, запрет на строительство объектов электро-теплоснабжения на традиционном топливе, запрет на строительство социально-культурных объектов без очистных сооружений, что порождает эколого-экономический конфликт, решением которого, в определенной степени, могут служить ВИЭ.

Рассмотрим возможности использования, положительные и отрицательные моменты, их сравнительная характеристика представлена в таблице 1.

Перевес положительных сторон делает развитие ВИЭ очень привлекательным и актуальным, безусловно, принимая во внимание отрицательные моменты.

Анализ зарубежного и отечественного опыта свидетельствует о постоянном росте использования не только в развитых, но и в развивающихся странах. Для России рост мощностей ВИЭ незначителен, в Бурятии ситуация аналогична сложившейся в РФ, но следует отметить высокий интерес к ВИЭ, достаточный уровень разработок и внедрения объектов ВИЭ на территории республики.

Анализ сложившихся ситуаций по использованию ВИЭ в России, в том числе в РБ, позволил выделить следующие виды существующих проблем, препятствующих широкому распространению ВИЭ:

1. Психологический вид (инерционность мышления) – обеспеченность органическим топливом, привычка к агрегатам большой мощности, привычка к централизованным поставкам.

2. Экономический – низкая платежеспособность населения, дотационность многих регионов РФ, малый объем государственных инвестиций, отсутствие государственного регулирования, отсутствие стратегии по использованию ВИЭ на федеральном уровне.

3. Законодательный – отсутствие федерального закона по ВИЭ и подзаконных актов, а также законодательных актов субъектов РФ.

4. Технический – недостаток установок обеспечивающих гарантированное энергоснабжение, отсутствие производства некоторых видов оборудования, неразвитая инфраструктура.

5. Информационно-организационный – отсутствие на государственном уровне координирующего органа, отсутствие информационных центров на федеральном и региональном уровнях, слабая осведомленность руководителей о возможностях ВИЭ, существование мнения о дороговизне оборудования [7].

*Возможности Республики Бурятия в области использования ВИЭ.* Проводилось несколько оценок потенциалов ВИЭ в РБ: 1) Проект Тасис: Повышение эффективности энергопотребления в Бурятии. Материалы по возобновляемым источникам энергии. 1997. 2) Основные направления экономического роста республики Бурятия с позиций энергоэффективности на период до 2004-2007 гг. и на перспективу до 2012 г.

Экономический потенциал Бурятии оценивается величиной эквивалентной 10 тыс. т.у.т. в год, распределенный по отдельным видам: малые и микро – ГЭС 5 тыс., геотермальная энергетика 2 тыс., биомасса – 0,5 тыс., ветровая – 0,5 тыс., солнечная – 2 тыс. [9].

На сегодня в Бурятии целесообразно внедрять ВИЭ в зонах децентрализованного энергоснабжения, с интенсивным воздушным загрязнением, на объектах с сезонным потреблением. Особенно актуальны вопросы электрофикации ТР ОЭЗ, как правило, эти зоны планируются под большое количество посетителей, это потребует ввода дополнительных энергомощностей, очистных сооружений (требования, предъявляемые к объектам центральной экологической зоны). Также положительной экстерналией от использования ВИЭ будет являться создание экологического имиджа территории.

С точки зрения возможности их использования в регионе следует, что наиболее перспективным является энергия солнца (300 солнечных дней/год). Самым простым и эффективным способом получения тепловой энергии является использование солнечных коллекторов, производство которых налажено центром энергоэффективных технологий в г. Улан-Удэ, средняя выработка тепловой энергии 700 - 800 кВт\*ч/м<sup>2</sup> в год, что позволяет уменьшить количество выброса CO<sup>2</sup> до 730 кг/год. На сегодня технологии производства коллекторов в мире отлажены, доступность обеспечивается небольшой ценой, простотой в обслуживании и надежностью. Использование солнечных панелей для производства электричества ограничивается большой себестоимостью, но, учитывая большое количество солнечных дней в году, в будущем их количество будет только увеличиваться. Также большим потенциалом обладает малая гидроэнергетика, особенно учитывая прибрежное местонахождение ТР ОЭЗ, можно использовать для электроснабжения многочисленные водотоки, впадающие в оз. Байкал. При современном уровне развития технологий в области гидроэнергетики, становится экономически целесообразно использовать энергию водотоков и при низких напорах. Также актуально использование постоянно дующих ветров на Байкале: Верховика, Баргузина, Култука, Горной, Сармы и др. Кроме того, имеются выходы термальных вод, большой потенциал биомассы.

*Общий технический потенциал возобновляемых энергоресурсов*, не включая ресурсы крупных ГЭС, по Республике Бурятия составляет  $28,9 \times 10^9$  кВтч в год, из них энергия солнца

-  $27 \times 10^9$ , ветра -  $8,5 \times 10^6$ , термальных вод -  $124,5 \times 10^6$ , малых рек -  $35,68 \times 10^6$ , биомассы -  $1735,8 \times 10^6$  кВтч в год. Из всех источников возобновляемой энергии наибольший потенциал принадлежит солнечной энергии [1].

Использование 20% экономического потенциала ВИЭ позволит решать задачи:

- обеспечение устойчивого энергоснабжения населения в зонах децентрализованного электроснабжения;
- сокращение завоза жидкого топлива в труднодоступные и северные районы;
- обеспечения гарантированного минимума энергоснабжения населения и производства;
- снижение вредных выбросов от энергетических установок в бассейн оз. Байкал.

Для формирования устойчивой, экологической системы энерго- теплоснабжения в центральной экологической зоне, где сосредоточены в особые экономические зоны туристско-рекреационного типа, необходим комплексный подход предполагающий создание условий для инновационных проектов в области ВИЭ, создание нормативно-правовой базы, экономических стимулов (льготного налогообложения, покупки излишков «чистой» энергии по цене выше оптовой и т.д.), инвестиционного климата, рыночную открытость (появление новых сегментов рынка) Республики Бурятия, финансирование федеральных целевых программ по внедрению ВИЭ, большую информированность населения о возможностях ВИЭ, создание координационного центра на федеральном и/или региональном уровнях и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кошелев А.А., Цемахович А.В. Атлас распределения возобновляемых природных энергоресурсов в Прибайкалье. ИСЭМ СО РАН, 1999.
2. Материалы совещания по российско-американскому проекту Форест. Институт солнечной энергетики (г. Улан-Удэ) Хабаровск, 2001.
3. Роль возобновляемых источников энергии в энергетической стратегии России. Доклад подготовлен с использованием материалов Минтопэнерго РФ, Миннауки РФ, РАО «ЕЭС России», Академии сельхознаук РФ, Института энергетической стратегии.
4. Проект Тасис: Повышение эффективности энергопотребления в Бурятии. Материалы по возобновляемым источникам энергии. ИнноТек/Линден Курфюрстендамм 199 Д-10719, Берлин (Т. Kampet, Dr. Taysaeva), 1997.
5. Энергосберегающие и природоохранные технологии (встреча на Байкале): Материалы 3-й международной научно-практической конференции. Посвящается памяти академика РАНМ Ф. Жукова. 2-7 июля 2005 г. - Томск-Улан-Удэ, изд-во ВСГТУ, - 2005г. 542с.
6. Возобновляемые источники энергии для устойчивого развития Байкальского региона: Материалы Международной научной конференции, Улан-Удэ 17-21 июля 2001г./Под ред. В.Т. Тайсаевой. – Улан-Удэ, Изд-во БГСХА, 2001.
7. Безруких П.П., Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии.- М.: ГНУ ВИЭСХ, 2005.- 264.

8. Основные направления экономического роста республики Бурятия с позиций энергоэффективности на период до 2004-2007 гг. и на перспективу до 2012г. ДО РАН, институт экономических исследований, Хабаровск 2004.
9. Программа правительства Республики Бурятия Народного Хурала Республики Бурятия Сибирский федеральный округ, Правительство РФ «Развитие ВИЭ В РБ».

## МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИДОРОЖНЫЕ ЗЕЛЕННЫЕ НАСАЖДЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА АЭРОПОРТ

Е.В. Шашина, А.В. Лобиков

*Московский автомобильно-дорожный институт (Государственный Технический  
Университет)*

Всвязи с постоянно ухудшающейся экологической обстановкой в мире, увеличивающимся количеством экологических кризисов и катастроф на локальном уровне и в глобальном масштабе особое значение приобретают вопросы снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду и рационального использования природных ресурсов планеты: замена невозобновимых ресурсов (ископаемое топливо, металлические руды) возобновимыми и неисчерпаемыми, а также потребление возобновимых ресурсов (почвенных, водных и биоресурсов) с темпами, не превышающими темпы их регенерации.

Развитие урбанизированных территорий неразрывно связано с ускоренным ростом количества транспортных средств и увеличением территорий, занятых дорогами и объектами дорожного сервиса. Вместе с очевидными плюсами транспортных средств есть и большое количество негативных влияний, среди которых нарушение гидрологического, микроклиматического режимов территории, параметрическое и динамическое воздействие, деградация почвы, загрязнение химическими веществами, что в первую очередь неблагоприятно отражается на придорожной растительности. Роль зеленых насаждений в городе велика. Они выполняют санитарно-гигиеническую, психологическую, социальную функции. [5,6] Следовательно, полное уничтожение деревьев в городе недопустимо. Многочисленные исследования показывают, что одним из основных факторов угнетения растительности вблизи дорог является засоление почв компонентами противогололедных материалов (ПГМ). [2,3] Поэтому в данной работе изучалась миграция солей в придорожной территории в зависимости от условий местности. В качестве исследуемой территории был выбран район Аэропорт, а почва и снег для эксперимента отбирались на улице Усиевича.

По результатам проведенного анализа по вопросам снеготаяния и миграции солей в придорожной территории была собрана установка для моделирования в лабораторных условиях процесса снеготаяния. Она позволяет определить долю талой воды, просочившейся

сквозь почвенный слой в нижележащие горизонты, стекшей вследствие поперечного уклона местности по поверхности и оставшейся в почвенном растворе. А проведение химического анализа [1] проб воды и почвы, отобранных до и после эксперимента, позволяет проследить миграцию солей.

Было проведено 3 эксперимента с уклонами, моделирующими уклон придорожной территории, 0,4% и 10%. Результаты по объемам стоковой и профильтровавшейся воды представлены на рисунке 1 (в процентах от общего объема талой воды).

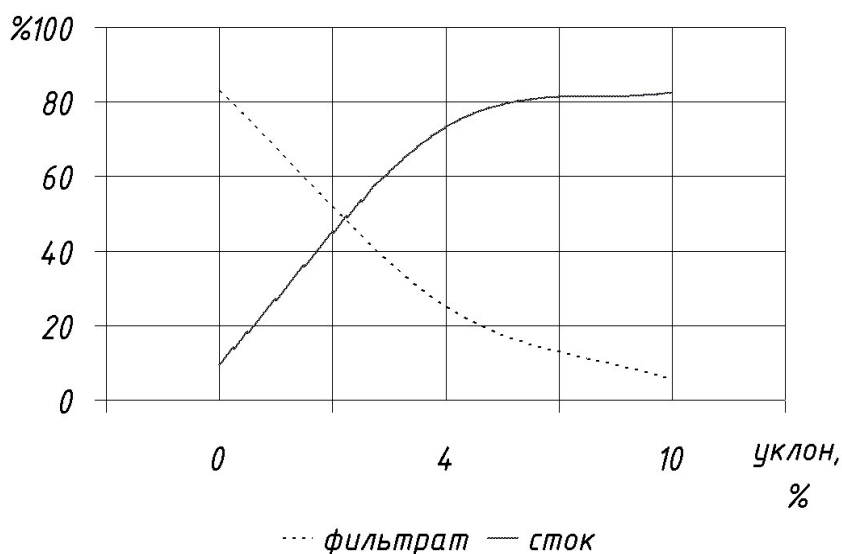


Рис. 1. Соотношение объемов талой воды, просочившейся в нижние горизонты и стекающей по поверхности, в зависимости от уклона местности.

Результаты химического анализа талой воды, инфильтрата, стока и водных вытяжек из почвы для трех экспериментов, моделировавших разные поперечные уклоны придорожной территории, приводятся на рисунках 2 и 3.

По графикам видно, что содержание солей в почве после снеготаяния, а также в талой воде, стекающей по уклону и фильтрующейся сквозь почву, зависит от уклона местности. Результаты анализа содержания хлора показывают, что особенности процесса снеготаяния на малых уклонах (4%) приводят к большему попаданию хлоридов в почву по сравнению с отсутствием уклона и уклоном 10%. Анализируя результаты по содержанию кальция и магния в почве, приходим к выводу, что при уклонах 0 и 10% происходит накопление этих металлов в почве после снеготаяния, а при уклоне 4% — их вымывание. Кальция и магний являются макроэлементами. Поэтому вымывание кальция и магния из почв нежелательно.

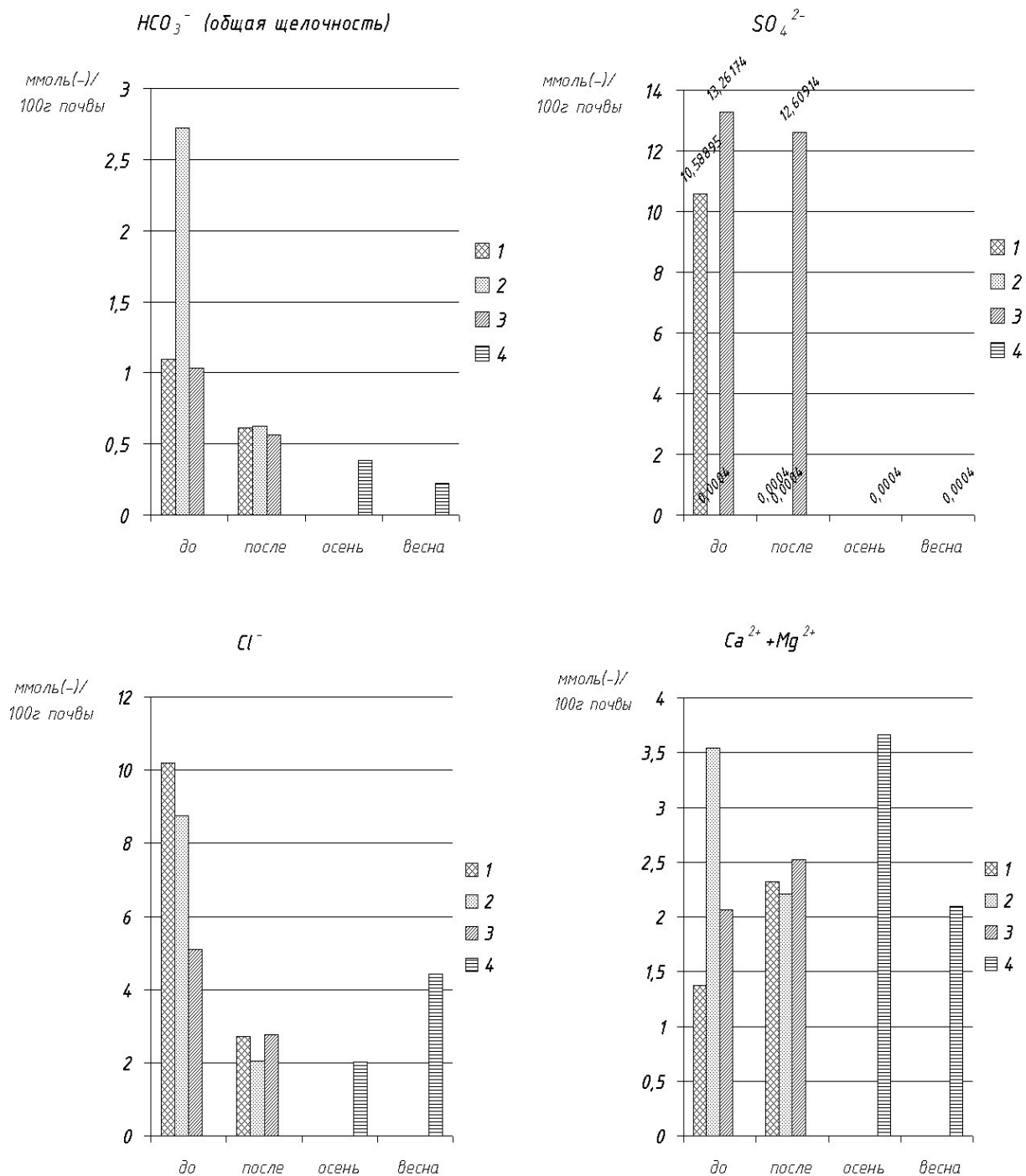


Рис. 2. Результаты химического анализа водных вытяжек.

#### Выводы:

1. В настоящее время нет альтернативы химическому методу борьбы с зимней скользкостью по уровню обеспечения безопасности движения.
2. Миграция солей в придорожной территории зависит от следующих факторов: физико-химических свойств почвы, рельефа, гидрологического и температурного режима территории, способа уборки проезжей части и применяемых реагентов.
3. Исследования показывают, что при нулевом уклоне местности 10% талой воды все



равно стекает с придорожной территории, для небольшого уклона – 4% – это значение составляет 73%, при уклоне 10% – 83%.

4. Проведенный эксперимент показывает целесообразность создания уклонов придорожной территории 10% как метод снижения негативного влияния ПГМ.

5. Химический анализ водных вытяжек из почвы, взятой на придорожной территории осенью и весной, показывает, что содержание хлоридов в почве весной увеличилось в 2 раза по сравнению с осенью. По хлоридному засолению почва осенью относится к средnezасоленным, весной – к сильнозасоленным. [4].

6. Полный вывоз загрязненного снега с проезжей части является эффективным организационным способом защиты придорожной территории от ПГМ.

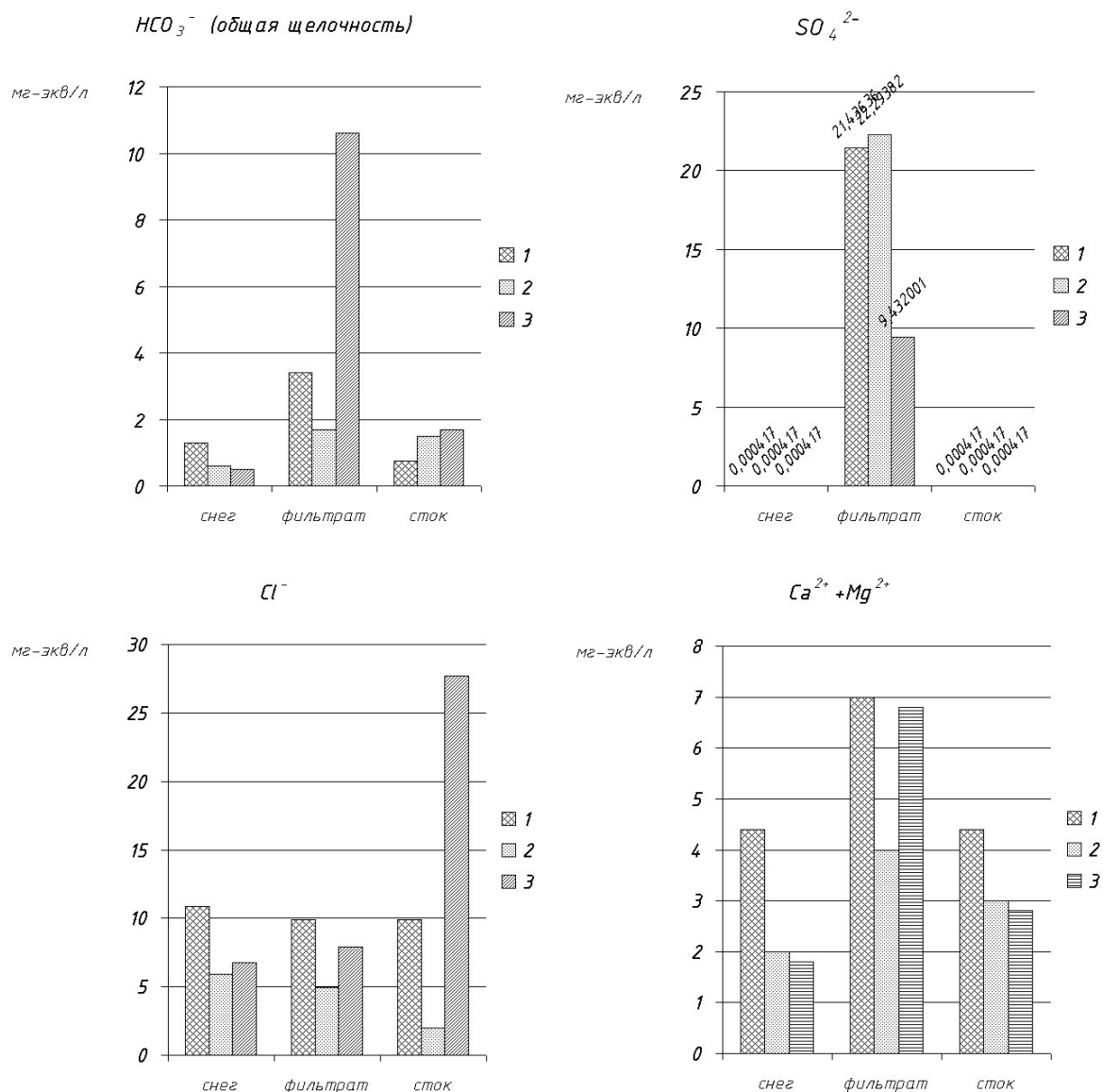


Рис. 3. Результаты химического анализа талой, профильтрованной и стекающей воды.

- 1 – результаты эксперимента при уклоне местности 0°;
- 2 – результаты эксперимента при уклоне местности 4°;
- 3 – результаты эксперимента при уклоне местности 10°;
- 4 – результаты анализа проб почвы, взятых с исследуемой территории осенью и весной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. Под ред. д.б.н., проф. Н.Ф. Ганжары. – М.: Агроконсалт, 2002. – 280 с.
2. Николаева Л.Ф., Оцхели О.В., Поршнева Е.Б., Фролова Н.Б. Противогололёдные реагенты и их влияние на природную среду. Москва: Диалог-МГУ, 1998. – 60 с.
3. Подольский В.П., Самодурова Т.В., Фёдорова Ю.В. Экология зимнего содержания автомобильных дорог. – М., 2003. – 96 с. – (Автомоб. дороги и мосты: Обзорн. информ. / Информавтодор; Вып. 3).
4. Радов А.С., Пустовой И.В., Корольков А.В. Практикум по агрохимии. Под общ. ред. проф. А.С. Радова. М., изд-во «Колос», 1965. 375 с. (21)
5. Состояние зеленых насаждений в Москве. Аналитический доклад по данным мониторинга 2003 г.
6. Якубов Х.Т., Ананьев П.Б. Санитарно-гигиеническое значение зеленых насаждений в условиях города. Экология большого города альманах. Вып. 3. Москва 1998.

## НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В МЬЯНМЕ (СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ)

Эй Каунг

*Московский Энергетический Институт (Технический Университет)*

Мьянма находится в Юго-Восточной Азии. Вся территория страны составляет 676 557 км<sup>2</sup>. Население Мьянмы в 2005 г. 51 млн. и население страны растет по 0.47% в год. Средняя плотность населения около 70 человек на км<sup>2</sup>. Страну можно разделить на 3 части- северная горная часть, центральная равнинная часть и нижняя прибрежная часть. До сих пор Мьянма является сельскохозяйственной страной, где 71% населения живёт в деревнях и 29% живёт в городах.

В настоящее время установленная мощность Объединенной электро-энергетической системы (ОЭС) составляет 1406 МВт (газовые турбины 680 МВт, ГЭС 458 МВт, ТЭС 203МВт, дизельные 65 МВт). Годовая выработка электроэнергии в 2005 году составила 6,615 ТВт.ч. Удельная установленная мощность на одного человека- 27,55 Вт и удельное потребление электроэнергии- 129,7 кВт.ч в год. Эти показатели намного меньше, чем во всех других развивающихся странах мира.

В последнее пятилетие валовой внутренний продукт (ВВП) страны устойчиво рос на 5,2% в год, соответственно потребление электроэнергии росло по 6.81% в год. Резкий рост промышленного, жилищного и гостиничного строительства в последние годы привели к значительному увеличению потребления электроэнергии и топлива в Мьянме. Создание новых объектов инфраструктуры в центре и на периферии вызвало обострение энергетического дефицита и выдвижение его в число наиболее острых проблем. Правительство Мьянмы сегодня осознает серьезность данной проблемы и предпринимает

активные меры для ее решения. К 2015 г. правительство планирует увеличивать удельную установленную мощность до 120 Вт на человек, что сегодня невозможно реализовать без использования НВИЭ.

Это связано с тем, что ОЭС Мьянмы обеспечивает энергией только большие города страны (23% территории страны). Сельское население живёт в основном в районах отдаленных от ОЭС. Большая часть населения в этих районах до сих пор используют для освещения свечи или аккумуляторные батареи. Правительство Мьянмы планирует повысить социально-экономический уровень народа по всей страны. Поэтому правительство заинтересовано в электрификации сельских районов страны, которые занимают около 77% всей территории. Для выполнения этой цели, наиболее оптимальным путем является использования ресурсов НВИЭ. С этой целью в 1994 г. в Мьянме начаты исследования возможностей использования возобновляемых источников энергии(ВИЭ). Среднее значение осадков в Мьянме- 2091 мм/год, среднегодовые скорости ветра вдоль побережья- 4,5 м/с, а солнечное излучение составляет  $5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в сутки. Эти цифры показывают, что страна теоретически обладает огромными ресурсами возобновляемых источников энергии, которые в настоящее время не рассчитаны по регионам страны, что серьёзно затрудняют реализацию государственных планов подъема социально-экономического уровня сельского населения.

В современных условиях указанные ресурсы НВИЭ в Мьянме практически не используются. Предварительные исследования в области ветровой и солнечной энергетики проведенные автором показали, что с помощью ВЭУ и СФЭУ уже сегодня можно реально планировать устойчивое обеспечение энергией значительной части сельского населения страны. В частности, валовые ресурсы Мьянмы были оценены: ветровой энергии-  $149,52 \cdot 10^9$  кВт.ч/год, а солнечной энергии  $1,27 \cdot 10^{15}$  кВт.ч/год. Соответственно технические ресурсы указанных видов НВИЭ составили: ветровой энергии  $10,46 \cdot 10^9$  кВт.ч/год, а солнечной энергии-  $88,9 \cdot 10^{12}$  кВт.ч/год.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ ПО ЧАСОВЫМ ЗНАЧЕНИЯМ

А.Н. Якушов

*Московский Энергетический институт (Технический Университет)*

Необходимость разработки методики определения среднечасовых значений вызвана тем, что в разных регионах России различные метеоусловия, ресурсы солнечной энергии, резко изменяющиеся в течение суток и для выбора оптимальных параметров энергосистемы автономного потребителя (АП) нужно определить часовые перетоки мощностей внутри энергосистемы АП от приемной установки к аккумулятору и от аккумулятора к потребителю. А так же учесть оптимальную ориентацию приемной площадки в пространстве и взаимосвязь с графиком нагрузки потребителя.

При разработке методики расчета среднечасовых значений солнечной радиации

требуется учесть ориентацию приемной площадки энергетической установки по углу наклона к горизонту и азимуту. Это связано с тем, что Солнце, в течение светового дня, перемещается с востока на запад, и в зависимости от падения солнечных лучей на приемную площадку, будет резко меняться выработка энергоустановки. И с учетом КПД аккумулятора и графика нагрузки АП, может оказаться, что оптимальной ориентацией стационарной приемной площадки будет ориентация не строго на Юг (как принято), а с отклонением, в зависимости от пика графика нагрузки АП.

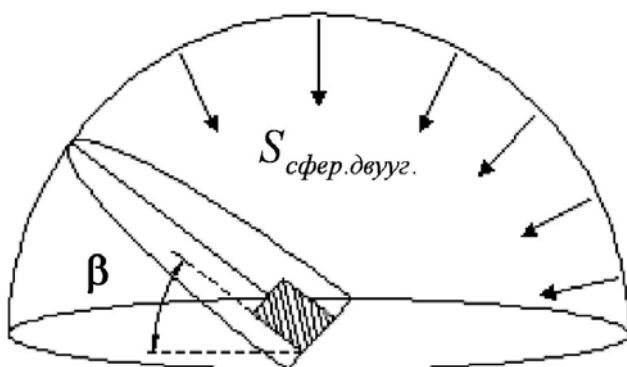


Рис 1. Определение диффузной СР

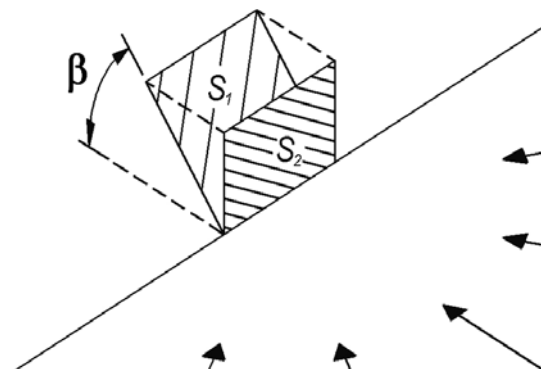


Рис 2. Определение отраженной СР

Известно что климатологические справочники и базы данных дают значения среднееголетних измерений часовых приходов прямой и диффузной солнечной радиации на горизонтально ориентированную приемную площадку, т.е. для определения прихода солнечной радиации (СР) на произвольно ориентированную площадку требуется методика пересчета часовых значений с горизонтально ориентированной площадки на наклонную.

Исходными данными для пересчета прихода СР с горизонтальной на произвольно ориентированную приемную площадку являются:  $\mathcal{E}_{\Sigma}^{\Gamma}$  – приход удельной суммарной СР на горизонтальную приемную площадку;  $\mathcal{E}_{\text{д}}^{\Gamma}$  – приход удельной диффузной СР на горизонтальную приемную площадку ;  $\rho$  – альbedo – отражательная способность поверхности земли [о.е.];  $\varphi$  – широта местности в расчетной точке (в градусах);  $\psi$  – долгота местности в расчетной точке (в градусах);  $\beta$  – угол наклона приемной площадки к горизонту (в градусах);  $\gamma$  – азимут – угол отклонения приемной площадки от южного направления (в градусах) (восточное направление с минусом);

Солнечная радиация, приходящая на приемную произвольно ориентированную площадку, расположенную на поверхности земли, для любого расчетного интервала времени определяется по формуле [1]:

$$\mathcal{E}_{\Sigma}^{\beta\gamma} = \mathcal{E}_{\text{пр}}^{\beta\gamma} + \mathcal{E}_{\text{д}}^{\beta\gamma} + \mathcal{E}_{\text{отр}}^{\beta\gamma},$$

где  $\mathcal{E}_{\text{пр}}^{\beta\gamma}$  – прямая солнечная радиация – поток излучения, поступающего непосредственно от солнечного диска;  $\mathcal{E}_{\text{д}}^{\beta\gamma}$  – диффузная солнечная радиация – излучение поступающее от остальной части небосвода, т.е. это СР отраженная от облаков и частиц

воды и пыли взвешенных в атмосфере Земли;  $\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\beta\gamma}$  – отраженная солнечная радиация – излучение поступающее от поверхности земли.

Прямая СР пересчитывается с горизонтальной поверхности на наклонную для расчетного интервала времени равного одному часу по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ПП}}^{\beta\gamma} = (\mathcal{E}_{\Sigma}^{\Gamma} - \mathcal{E}_{\text{Д}}^{\Gamma}) \cdot K_{\text{ПП}}^{\text{час}},$$

где  $K_{\text{ПП}}^{\text{час}}$  - коэффициент, характеризующего отношение приходов среднечасовой прямой СР на произвольно ориентированную и горизонтальную площадки, данный коэффициент определяется по формуле:

$$K_{\text{ПП}}^{\text{час}} = \frac{(\sin \omega_t^{\beta\gamma} - \sin \omega_{t-1}^{\beta\gamma}) \cdot B + \frac{\pi}{180} \cdot (\omega_t^{\beta\gamma} - \omega_{t-1}^{\beta\gamma}) \cdot A - (\cos \omega_t^{\beta\gamma} - \cos \omega_{t-1}^{\beta\gamma}) \cdot C}{(\sin \omega_t^{\Gamma} - \sin \omega_{t-1}^{\Gamma}) \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta + \frac{\pi}{180} \cdot (\omega_t^{\Gamma} - \omega_{t-1}^{\Gamma}) \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta},$$

часовые углы Солнца для астрономического часа  $t$  на горизонтальной и произвольно ориентированной площадках соответственно:  $\omega_t^{\Gamma} = \min(\omega_3^{\Gamma}; \max(\omega_B^{\Gamma}; 15 \cdot (t - 12)))$ ,  $\omega_t^{\beta\gamma} = \min(\omega_3^{\beta\gamma}; \max(\omega_B^{\beta\gamma}; 15 \cdot (t - 12)))$ , где  $\omega^{\Gamma}$ ,  $\omega^{\beta\gamma}$  - часовые углы восхода и захода Солнца на горизонтальной и произвольно ориентированной площадках соответственно:  $\omega^{\Gamma} = \pm \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta)$ ,  $\omega^{\beta\gamma} = \min(\omega^{\Gamma}; 2 \cdot \arctg((C \pm \sqrt{C^2 - A^2 + B^2}) / (B - A)))$ ,

где знак (-) для восхода, знак (+) для захода, а коэффициенты равны:

$$A = (\sin \varphi \cdot \cos \beta - \cos \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma) \cdot \sin \delta, \quad B = (\cos \varphi \cdot \cos \beta + \sin \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma) \cdot \cos \delta.$$

$C = \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \cos \delta$ , где  $\delta$  – склонение Солнца для каждых суток в году  $n$ , определяется по формуле [1]:  $\delta = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{360 \cdot (284 + n)}{365}\right)$ .

Для пересчета диффузной СР с горизонтальной на произвольно ориентированную приемную площадку примем допущение, что диффузная солнечная радиация равномерно распределена по всему небосводу, и тогда в горизонтальном положении мы получаем максимальный приход диффузной СР:

$$\mathcal{E}_{\text{Д}}^{\Gamma} = S_{\text{полусферы}} \cdot dr_{\text{Д}} = 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot dr_{\text{Д}}$$

где  $dr_{\text{Д}}$  - удельная диффузная СР,

$R$  - радиус полусферы, очевидно, что при условии равномерного распределения диффузной СР по всей площади небосвода, азимут не влияет на приход диффузной СР, а при увеличении угла наклона приемной площадки к горизонту  $\beta$ , мы уменьшаем площадь с которой поступает диффузная СР, т.е. отрезаем часть полусферы по плоскости приемной площадки (Рис 1), площадь получаемого сферического двуугольника определяется по формуле[2]:  $S_{\text{сфер.двууг.}} = 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot (1 - \frac{\beta}{180})$ , получаем, что приход диффузной СР на

произвольно ориентированную площадку определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_D^{\beta\gamma} = S_{сфер.двуг.} \cdot dr_D = 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot (1 - \frac{\beta}{180}) \cdot dr_D = \mathcal{E}_D^{\Gamma} \cdot (1 - \frac{\beta}{180})$$

Для вычисления отраженной СР, которая приходит на произвольно ориентированную приемную площадку, примем допущение, что отраженная солнечная радиация равномерно излучается всей поверхностью земли и во всех направлениях одинаково, и тогда в горизонтальном положении при ориентации приемной площадки вертикально вниз и на некотором расстоянии от земли мы получаем приход отраженной СР равной произведению:  $\mathcal{E}_\Sigma^{\Gamma} \cdot \rho$ , где  $\rho$  – альбедо поверхности.

Тогда очевидно, что при условии равномерного распределения отраженной СР по всей площади земли, азимут не влияет на ее приход и при расположении приемной площадки вертикально (под углом  $90^0$  к горизонту) и одним ребром находясь на земле или близко к ней, мы получим максимальный приход отраженной СР, собираемый с одной половины поверхности, который равен:  $(\frac{1}{2} \cdot \mathcal{E}_\Sigma^{\Gamma} \cdot \rho)$ . При изменении угла наклона площадки к горизонту мы, тем самым, будем уменьшать эффективную площадь сбора отраженной СР, т.е. как показано на рисунке 2, при площади приемной площадки равной  $S_1$  мы будем иметь эффективную площадь сбора отраженной СР эквивалентной площадке  $S_2$  наклоненной на угол  $90^0$  к горизонту. И так как взаимосвязь между площадями известна  $\frac{S_2}{S_1} = \sin \beta$ , то

выражение для определения отраженной солнечной радиации на произвольно ориентированной площадке будет выглядеть так:

$$\mathcal{E}_{отп}^{\beta\gamma} = \mathcal{E}_\Sigma^{\Gamma} \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin \beta$$

В итоге получаем, что солнечная радиация, приходящая на произвольно ориентированную приемную площадку, расположенную на поверхности земли, для любого интервала времени, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_\Sigma^{\beta\gamma} = (\mathcal{E}_\Sigma^{\Gamma} - \mathcal{E}_D^{\Gamma}) \cdot K_{пр} + \mathcal{E}_D^{\Gamma} \cdot (1 - \frac{\beta}{180}) + \mathcal{E}_\Sigma^{\Gamma} \cdot \rho \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin \beta$$

Полученная формула для пересчета прихода суммарной солнечной радиации с горизонтальной на произвольно ориентированную приемную площадку отличается от общепринятой формулы Лю и Джордана [3].

Таким образом, в ходе текущей статьи были выведены формулы для пересчета часовых значений прихода суммарной солнечной радиации с горизонтальной на произвольно ориентированную приемную площадку и получена методика определения энергетического потенциала солнечной радиации по часовым значениям, что в последствии позволит разрабатывать системы автоматического проектирования солнечных энергоустановок, рассчитывающих параметры работы системы по часовым значениям, а значит с максимальной точностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. Расчет систем солнечного теплоснабжения. Энергоиздат, 1981 г.
2. М.Я. Выгодский, Справочник по элементарной математике. М.: Наука, 1975 г.
3. Дж. Твайдел, А. Уэйр. Возобновляемые источники энергии (пер. с англ.). М: Энергоатомиздат, 1990 г.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

А.Н. Якушов

*Московский Энергетический институт (Технический Университет)*

С целью эффективного использования энергии Солнца для электрического и теплового снабжения наземных потребителей, был разработан программный комплекс на базе Microsoft Excel и Visual Basic Application по расчету и оптимизации всех параметров комбинированной системы энергоснабжения. Расчеты проводились по часовым значениям нагрузки и метеоданным в заданном регионе.

Было проведено обоснование структуры энергокомплекса, определены его основные параметры и составляющие элементы, оценены затраты. Эффективность использования комбинированной солнечной энергоустановки зависит от количества элементов и составных частей, а также геометрического положения приемных площадок.

Из-за высокой стоимости фотоэлектрических модулей и неравномерного прихода солнечной радиации в течение года, часто применяют комбинированные электроустановки. Одним из таких вариантов комбинирования - является электроустановка, объединяющая в себе солнечную фотоэлектрическую установку и дизельный электрогенератор. Другим вариантом создания такой энергоустановки является дополнение уже существующего дизельного электрогенератора автономного потребителя солнечной фотоэлектрической установкой с целью экономии дорогостоящего привозного дизельного топлива.

Данная комбинированная схема имеет ряд преимуществ: она менее чувствительна как к влиянию климатических факторов: погоды, сезонам года, так и к влиянию экономических факторов: стоимости дизельного топлива и его доставки, чем каждая из этих двух электросистем работающих отдельно. С целью перераспределения электроэнергии вырабатываемой дизелем в систему так же включается выпрямитель, действие которого противоположно инвертору.

В общем случае, рассматриваемая система энергоснабжения автономного потребителя состояла из следующих элементов: тепловой аккумулятор (ТА); солнечный коллектор (СК); дополнительный источник тепла (ДИТ); аккумуляторные батареи (АБ); солнечная

фотоэлектрическая установка (СФЭУ); дизельная электроустановка (ДЭУ). Для различных комбинаций этой системы были определены оптимальные мощности СФЭУ, ДЭУ, ДИТ, площадь СК, и энергоемкости ТА и АБ, а также ориентация приемных площадок СК и СФЭУ, по критерию минимальных суммарных дисконтированных затрат за расчетный период (20 лет).

Таблица 1.

Дисконтированные затраты на энергоснабжение потребителя (за период 20 лет).

| вариант системы энергоснабжения      |                  | ДЭУ+<br>ДИТ | АБ+<br>ДЭУ+<br>ДИТ | АБ+<br>СФЭУ+<br>ДИТ | АБ+<br>СФЭУ+<br>ТА+СК | АБ+<br>ДЭУ+<br>ТА+СК |
|--------------------------------------|------------------|-------------|--------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| ёмкость АБ, кВтч                     |                  | -           | 70,2               | 556,4               | 130                   | 44,2                 |
| мощность ДЭУ, кВт                    |                  | 13,8        | 7,2                | -                   | -                     | 3                    |
| мощность СФЭУ, кВт                   |                  | -           | -                  | 39,5                | 20,6                  | -                    |
| ориентация СФЭУ                      | наклон, $\beta$  | -           | -                  | 48                  | 32                    | -                    |
|                                      | азимут, $\gamma$ | -           | -                  | 4                   | 16                    | -                    |
| ёмкость ТА, кВтч                     |                  | -           | -                  | -                   | 430                   | 430                  |
| мощность ДИТ, кВт                    |                  | 4           | 4                  | 4                   | -                     | -                    |
| площадь СК, м <sup>2</sup>           |                  | -           | -                  | -                   | 68,7                  | 68,7                 |
| ориентация СК                        | наклон, $\beta$  | -           | -                  | -                   | 64                    | 64                   |
|                                      | азимут, $\gamma$ | -           | -                  | -                   | 0                     | 0                    |
| расход топлива, л/год                |                  | 16187       | 8112               | -                   | -                     | 3421                 |
| суммарные дисконт. затраты, тыс. руб |                  | 7126        | 3818               | 6987                | 3444                  | 2009                 |

Так как сроки службы отдельных частей системы энергоснабжения автономного потребителя неодинаковые (фотомодули, солнечные коллекторы – 20 лет, аккумуляторные батареи – от 3 до 20 лет, контроллеры, инверторы, выпрямители – 10 лет, дизель – 10000 часов), то были учтены как первоначальные капиталовложения в энергосистему, так и затраты на замену оборудования выработавшего свой эксплуатационный ресурс, а так же ежегодные затраты на дизельное топливо (если ДЭУ присутствует в системе). Расчет дополнительных затрат в последующие годы проводился с учетом дисконтирования.

Для определения оптимальных параметров системы энергоснабжения автономного потребителя в программный комплекс были включены следующие модули:

- модуль автоматического получения часовых актинометрических данных солнечной радиации и температуры для заданной точки;
- модуль расчета часовых перетоков энергии в системе электроснабжения и теплоснабжения, а так же учет взаимодействия этих систем между собой;
- модуль расчета дисконтированных затрат на покупку и эксплуатацию элементов



системы;

- модуль определения оптимальных параметров системы состоящей из заданной комплектации элементов, по критерию минимальных дисконтированных затрат, и 100%-ом покрытии графика нагрузки потребителя.

Для примера, показывающего работу разработанного программного комплекса, была рассмотрена ситуация использования солнечной энергии для электрического и теплового снабжения автономного потребителя в Приморском Крае вблизи города Владивосток. Электрическая нагрузка потребителя составила 14 МВтч в год и тепловая нагрузка 20 МВтч в год. Результаты оптимизационных расчетов представлены в таблице 1.

Проанализировав полученные результаты оптимизации системы энергоснабжения автономного потребителя, можно сказать:

- очевидно преимущество использования солнечного коллектора по сравнению с обычным электронагревателем (ДИТ). Электронагреватель увеличивает электрическую нагрузку намного больше, чем система теплоснабжения на основе солнечного коллектора и теплового аккумулятора;

- наиболее важным выводом является очевидное превосходство использования возобновляемых источников энергии (таких как Солнце) над сжиганием дорогостоящего привозного топлива в отдаленных регионах России и для Дальнего Востока это крайне актуально.

## АНАЛИЗ ЦИКЛА РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ АДСОРБЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

О.С. Попель, С.Е. Фрид, С.С. Шаронов

*Институт Высоких Температур РАН, Москва*

Охлаждение и хранение при пониженных температурах пищевых продуктов, медицинских препаратов (крови, вакцин), напитков, питьевой воды, охлаждение воздуха в помещениях и регулирование его влажности, а также другие применения холодильной техники широко востребованы, особенно в странах с жарким климатом. Для потребителей, не подключенных к централизованным системам энергоснабжения, выбор той или иной технологии охлаждения зависит от многих исходных данных, в том числе от типа доступного первичного источника энергии, мощности холодильного устройства, необходимой температуры охлаждения, климатических условий местности и других.

Основными показателями эффективности солнечных холодильных установок являются холодильный коэффициент (COP), представляющий собой отношение количества тепла, отведенного из холодильной камеры, к подведенной работе (для компрессионных установок)

или теплу (для абсорбционных или адсорбционных холодильников), и средняя холодильная мощность установки за время цикла ее работы. Для солнечных холодильных установок наряду с холодильной мощностью важным показателем служит полная эффективность холодильной установки (STR, system thermal ratio), представляющая собой отношение тепла, забираемого из холодильной камеры, к количеству солнечной энергии, падающей на солнечный преобразователь. Она может быть определена как произведение COP и эффективности преобразователя энергии солнечного излучения.

В настоящей работе рассматривается адсорбционная холодильная установка на основе воды как экологически чистого адсорбата, в которой применяются разработанные Институтом Катализа (Новосибирск) селективные сорбенты воды [1]. При характерных температурах цикла эти сорбенты за счет формирования кристаллогидратов позволяют поглощать (и десорбировать) в несколько раз большее количество влаги, чем «чистые» силикагели (для сравнения расчеты проводились также для силикагеля Fuji RD).

Схема рассматриваемой установки изображена на рис. 1. В ней можно выделить три основные части: солнечный коллектор, совмещенный с адсорбером, конденсатор и холодильная камера. Цикл работы установки в координатах  $\ln(P) - (-1/T)$  также изображен на рис. 1. Его условно можно разделить на четыре стадии: нагрев адсорбента (1–2), десорбция паров воды при продолжении нагрева (2–3), охлаждение адсорбента (3–4), адсорбция при продолжении охлаждения адсорбера (4–1).

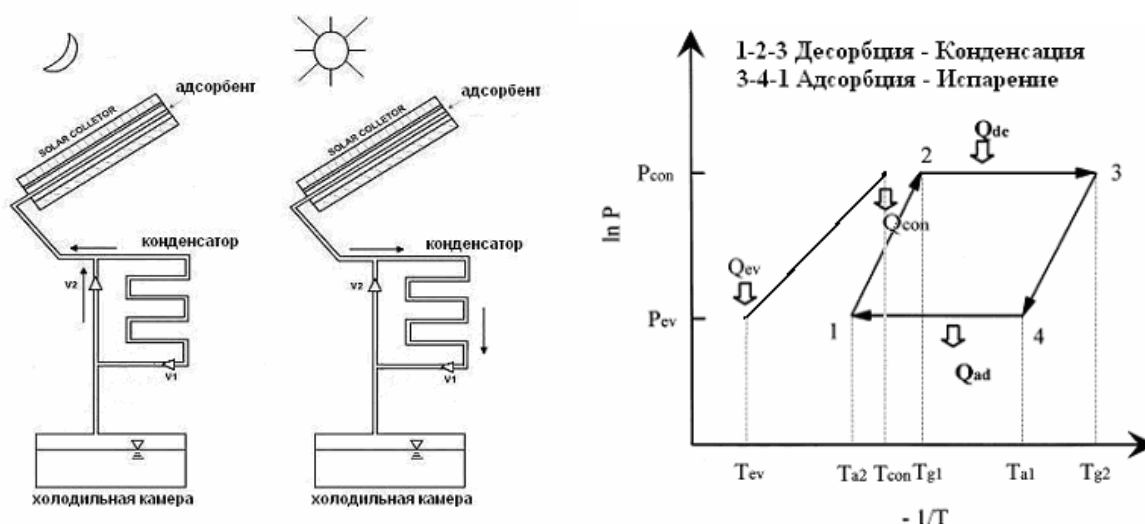


Рис. 1. Схема адсорбционной холодильной установки и цикл ее работы

В описанном цикле тепло в окружающую среду сбрасывается как в процессе десорбции (в конденсаторе при температуре  $T_{con}$ ), так и в процессе адсорбции (в адсорбере, минимальная температура цикла –  $T_{a2}$ ). При исследовании адсорбционных холодильных

установок обычно эти температуры считают равными постоянной температуре окружающего воздуха. Вместе с тем, у солнечной холодильной установки цикл жестко привязан к смене времени суток – десорбция может иметь место только днем, когда нагрев адсорбера обеспечивается солнечным излучением. При этом различие между дневной и ночной температурами воздуха, в данном случае определяющими  $T_{con}$  и  $T_{a2}$ , соответственно, для резко-континентального климата может достигать 15–20°C. Влияние разности дневной и ночной температур на параметры холодильной установки и было предметом исследования в настоящей работе.

Среднесуточная удельная (на 1 кг адсорбента) мощность установки и ее COP определяются минимальным и максимальным влагосодержаниями адсорбента за цикл, а влагосодержание адсорбента, в свою очередь, является функцией температуры и давления, выражающейся через потенциал Поляни [2, 3].

Эффективность системы определяется четырьмя температурами: максимальной температурой адсорбента в дневное время, минимальной температурой адсорбента в ночное время, температурой конденсации паров воды в конденсаторе и температурой в испарителе холодильной камеры, а также давлением в испарителе холодильной камеры, равным давлению насыщения в нем при соответствующей температуре и давлением в конденсаторе, также соответствующем температуре в нем.

Среднесуточная удельная холодильная мощность прямо пропорциональна разности максимального ночного и минимального дневного влагосодержаний  $\Delta w$ ,

$$P = Q_e / \tau = H_{evp} \cdot \Delta w / \tau ,$$

где  $H_{evp} = 2420$  кДж/кг – теплота испарения воды,  $\tau$  – время цикла работы установки.

Холодильный коэффициент выражается через  $\Delta w$  следующим образом:

$$COP = \Delta H_{evp} \cdot \Delta w / (C_{eff} \cdot (T_{g2} - T_{a2}) + \Delta H_{des} \cdot \Delta w) ,$$

где  $\Delta H_{des} = 2850$  кДж/кг – теплота десорбции воды,  $C_{eff}$  – эффективная теплоёмкость адсорбента, воды и элементов конструкции.

В проведенном нами расчете предполагалось, что максимальная температура адсорбента в цикле  $T_{g2} = 100^\circ\text{C}$ ,  $T_{con} = 30^\circ\text{C}$ ,  $T_{ev} = 5^\circ\text{C}$ ,  $C_{eff} = 1.4$  кДж/(кг°C) и исследовалась влияние  $T_{con}$ – $T_{a2}$  на мощность и COP установки. На рис.2 приведены полученные результаты для четырех сорбентов: ССВ-1Л, ССВ-2Л, силикагель с внедренными в него молекулами нитрата кальция

и силикагель Fuji RD.

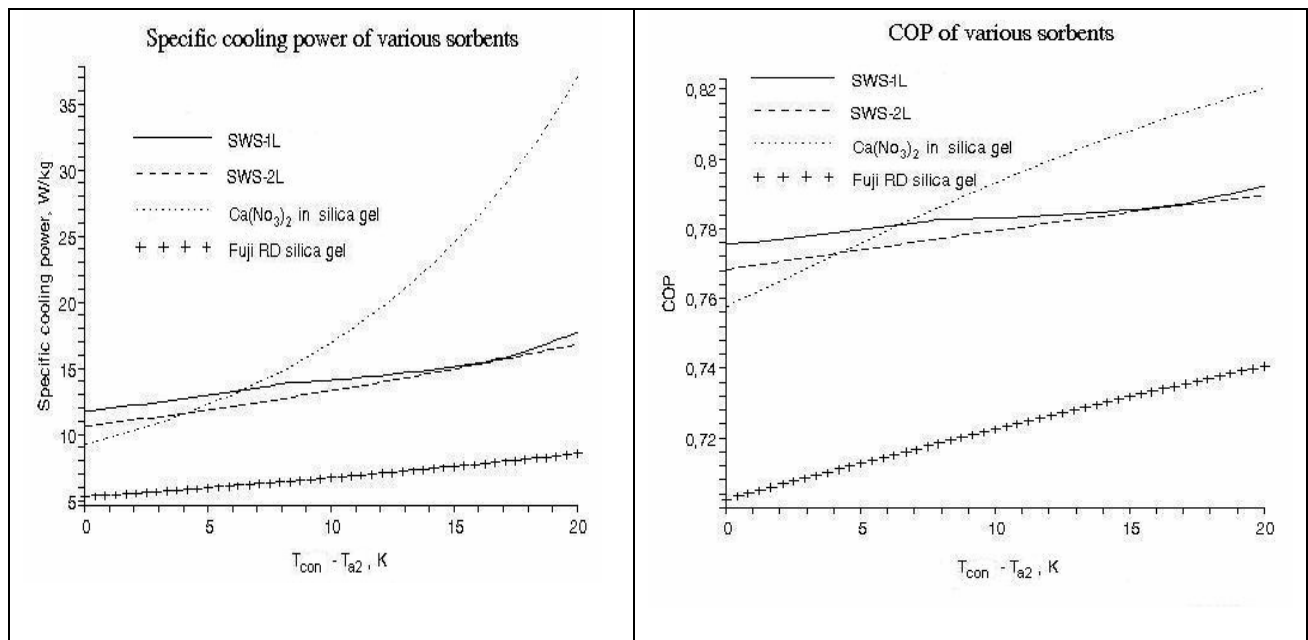


Рис. 2. Среднесуточная удельная мощность установки и COP в зависимости от  $T_{con}-T_{a2}$  при  $T_{con} = 30^{\circ}C$ .

Для сравнения на рис. 3 приведены результаты аналогичного расчета при постоянной среднесуточной температуре  $(T_{con}+T_{a2})/2 = 20^{\circ}C$ .

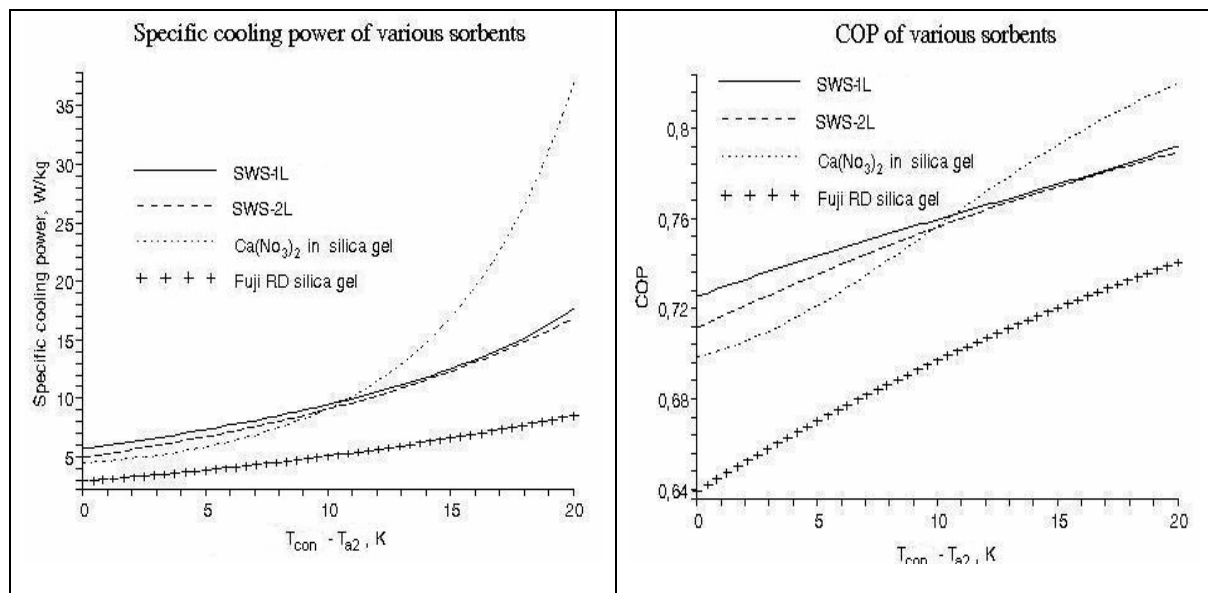


Рис. 3. Среднесуточная удельная мощность установки и COP в зависимости от  $T_{con}-T_{a2}$  при  $(T_{con}+T_{a2})/2 = 20^{\circ}C$ .

В обоих случаях удельная холодильная мощность существенно зависит от разницы минимальной температуры адсорбента в ночное время и средней его температуры в

дневное время. При характерной разнице этих температур 15°C мощность в среднем в 1,5–2 раза больше, чем при равных температурах, причем для селективных сорбентов воды этот эффект выражен более резко. Для холодильного коэффициента также наблюдается подобная зависимость, хотя и не так сильно выраженная. Из приведенных результатов видно, что при моделировании солнечных холодильных установок необходимо учитывать значительную зависимость их эффективности от разницы дневной и ночной температур воздуха.

Работа выполнена в рамках проекта INTAS № 03-51-6260 “Study of solar assisted adsorption cooling unit (SAACU) using new adsorbent materials” и проекта РФФИ 05-02-16953-а «Оптимальный сорбент для химических и адсорбционных тепловых насосов: теоретические критерии, синтез и исследование свойств, моделирование цикла»

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Aristov Yu.I., Restuccia G., Cacciola G., Parmon V.N.. A family of new working materials for solid sorption air conditioning systems. // Appl. Therm. Engn. V.22, No. 2, PP. 191–204. 2002.
2. Polanyi M. // Trans. Faraday Soc. 28, 316. 1932.
3. Dubinin M.M. J. Coll. and Interface Sci. V. 23, PP. 487 1966.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                               | стр. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Анистратов А.В.</b>                                                                                                                                        |      |
| Разработка и изготовление нового экспериментального солнечного модуля                                                                                         | 3    |
| <b>Березкин М.Ю., Калинина М.В.</b>                                                                                                                           |      |
| Энергетическая безопасность и возобновляемая энергетика                                                                                                       | 4    |
| <b>Борминов С.С.</b>                                                                                                                                          |      |
| Ветродизельный энергокомплекс острова Валаам                                                                                                                  | 6    |
| <b>Бушуев Д.А.</b>                                                                                                                                            |      |
| Энергетическая эффективность установок солнечного горячего водоснабжения                                                                                      | 8    |
| <b>Виноградов А.В.</b>                                                                                                                                        |      |
| Проблемы использования возобновляемых и альтернативных источников энергии                                                                                     | 13   |
| <b>Воложенин А.С., Нургалиев И.С.</b>                                                                                                                         |      |
| Программное обеспечение для приближенного решения дифференциальных уравнений, описывающих динамику малых возмущений в многокомпонентной космологической среде | 15   |
| <b>Воронин А.В., Разгоняев Д.С., Алексеева О.Г.</b>                                                                                                           |      |
| Возможности использования куриного помета в качестве топлива и химического сырья                                                                              | 18   |
| <b>Воронин А.В., Разгоняев Д.С., Алексеева О.Г.</b>                                                                                                           |      |
| Проблема энергообеспечения и возможности ее экологического решения                                                                                            | 21   |
| <b>Гааб А.Я.</b>                                                                                                                                              |      |
| Трудности, возникающие при эксплуатации биогазовых установок                                                                                                  | 23   |
| <b>Герьятович М.В., Виссарионов В.И.</b>                                                                                                                      |      |
| Ветросолнечный комплекс с водородоаккумулирующей установкой                                                                                                   | 25   |
| <b>Дорошин А.Н.</b>                                                                                                                                           |      |
| Ветроводородный энергетический комплекс для снабжения автономного потребителя                                                                                 | 29   |

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Запуниди С.А.</b>                                                                                                         |    |
| Возможности повышения эффективности полимерных солнечных фотоэлементов с помощью трёхкомпонентных донорно-акцепторных смесей | 32 |
| <b>Кадырова Д.Ф.</b>                                                                                                         |    |
| Создание солнечной фотоэлектрической установки мощностью 1,3 Квт для получения водорода                                      | 34 |
| <b>Козадеров О.А., Соцкая Н.В.</b>                                                                                           |    |
| Проблемы преподавания курса «Экологически чистые источники энергии» в Воронежском госуниверситете                            | 37 |
| <b>Коломиец Ю.Г., Попель О.С., Фрид С.Е.</b>                                                                                 |    |
| Сравнение эффективности использования плоских и вакуумированных солнечных коллекторов для нагрева воды                       | 38 |
| <b>Коломиец Ю.Г., Терехова Е.Н.</b>                                                                                          |    |
| Оценка ресурсов солнечной энергии России на основе базы данных NASA                                                          | 42 |
| <b>Кочиева З.А.</b>                                                                                                          |    |
| Состояние и перспективы использования <u>возобновляемых</u> источников энергии в Республике Северная Осетия–Алания.          | 47 |
| <b>Кривошеин Я.С.</b>                                                                                                        |    |
| Воздействие пыле-угольных ТЭС на биоту                                                                                       | 51 |
| <b>Лазарев-Марченко С.А., Виссарионов В.И.</b>                                                                               |    |
| Очистка водоемов плавучими аэрационными установками с питанием от солнечных фотоэлектрических батарей                        | 56 |
| <b>Лукашев Р.В.</b>                                                                                                          |    |
| Композиты в системе $MgH_2$ -C для аккумулирования и гидролизного получения водорода                                         | 59 |
| <b>Мартюгина И.В.</b>                                                                                                        |    |
| Геотермальные источники энергии для недрожимости туристско-рекреационных зон Северо-Западного Федерального Округа            | 63 |
| <b>Маслова А.А., Нефедова Л.В.</b>                                                                                           |    |
| К вопросу о картировании потенциала ресурсов возобновляемых источников энергии                                               | 67 |
| <b>Мистрова А.С., Киселева С.В., Чернова Н.И.</b>                                                                            |    |
| Некоторые эколого-географические аспекты использования биомассы как энергетического источника                                | 70 |
| <b>Митина И.В.</b>                                                                                                           |    |
| Сравнительный анализ воздушных систем отопления с тепловым насосом и солнечным подогревом хладагента                         | 75 |
| <b>Мотулевич В.П., Спиридонов А.Г., Кухарцев В.В., Полякова Е.Б.,</b>                                                        |    |
| Перспективные системы энергосбережения на базе ветроустановок                                                                | 79 |

|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Нгуен Тхи Тхань Май, Колотилова Н.Н.</b>                                                                                                     |     |
| Биотехнологический потенциал и культивирование спироулины                                                                                       | 84  |
| <b>Нуждаев А.А., Шанина В.В.</b>                                                                                                                |     |
| Гидротермальные ресурсы Камчатки                                                                                                                | 87  |
| <b>Прокопченко И.В., Мордынский А.В., Сулейманов М.Ж., Фрид С.Е., Попель О.С.</b>                                                               |     |
| Оценка эффективности применения селективных покрытий в плоских солнечных коллекторах                                                            | 89  |
| <b>Пугачев Р. В., Малинин Н. К.</b>                                                                                                             |     |
| Экономическая эффективность использования ветродизельных энергокомплексов в системах энергоснабжения автономных потребителей Мурманской области | 93  |
| <b>Разгоняев Д.С., Алексеева О.Г.</b>                                                                                                           |     |
| Проблемы нормативно-правовой базы развития малой энергетики                                                                                     | 96  |
| <b>Романов А.Д., Мартьянов М.А.</b>                                                                                                             |     |
| Создание технологии и оборудования для переработки биогаза в синтетическое топливо                                                              | 97  |
| <b>Смирнов А. В., Тюхов И. И.</b>                                                                                                               |     |
| Гелиоимитатор                                                                                                                                   | 101 |
| <b>Софронов П. И., Тюхов И. И.</b>                                                                                                              |     |
| Фотоэлектрический модуль с автоматическим слежением за Солнцем                                                                                  | 105 |
| <b>Спицына Н.Г., Романова И.П., Лобач А.С., Лобач А.А., Толстов И.В.</b>                                                                        |     |
| Полимерные солнечные элементы на основе фуллеренов                                                                                              | 111 |
| <b>Стребков Д.С., Раббимов Р.Т., Иванчевская Э.С.</b>                                                                                           |     |
| Разработка отражателей солнечной энергии                                                                                                        | 114 |
| <b>Таныгин В.В., Тюхов И.И.</b>                                                                                                                 |     |
| Учебный лабораторный стенд для исследования характеристик топливного элемента                                                                   | 117 |
| <b>Тарасов А.Е.</b>                                                                                                                             |     |
| Проблемы солнечной метрологии и возможности фототермоэлектрического радиометра                                                                  | 120 |
| <b>Финогенов С.Л., Кудрин О.И., Панов А.Б., Удалова И.А.,<br/>Seo Kyong Su, Sin Dong Sun</b>                                                    |     |
| Использование энергоаккумулирующих веществ в солнечных энергосиловых установках космического назначения                                         | 124 |
| <b>Хоменко Н.Д., Воронин А.В.</b>                                                                                                               |     |
| Экологическая безопасность и обеспечение качества информации                                                                                    | 131 |
| <b>Чуркин А.М.</b>                                                                                                                              |     |
| Сравнительный экономический анализ традиционных и альтернативных технологий получения электроэнергии                                            | 133 |



**Шарипов М.Ю.**

Предпосылки использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в туристско-рекреационном сценарии развития Байкальской природной территории (на примере Республики Бурятия) 136

**Шашина Е.В., Лобиков А.В.**

Методы снижения негативного воздействия противогололедных материалов на придорожные зеленые насаждения на примере района Аэропорт 141

**Эй Каунг**

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии в Мьянме (современное состояние) 145

**Якушов А.Н.**

Методика определения энергетического потенциала солнечной радиации по часовым значениям 146

**Якушов А.Н.**

Оценка эффективности использования комбинированных солнечных энергоустановок для энергоснабжения автономных потребителей на Дальнем Востоке 150

**Попель О.С., Фрид С.Е., Шаронов С.С.**

Анализ цикла работы солнечных адсорбционных холодильных установок 152

*Научное издание*

# **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

МАТЕРИАЛЫ ПЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ  
МОЛОДЕЖНОЙ ШКОЛЫ

Под общей редакцией А.А.Соловьева

---

*Корректор и компьютерная верстка*  
М.Ю. Березкин

Подписано в печать 16.10.2006. Формат 60Х90/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 9,9. Тираж 100 экз. Заказ №

Отпечатано геогр. ф-т МГУ

# ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

МАТЕРИАЛЫ ПЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ  
МОЛОДЕЖНОЙ ШКОЛЫ

Под общей редакцией А.А.Соловьева

---

*Корректор и компьютерная верстка*  
М.Ю. Березкин

Подписано в печать 16.10.2006. Формат 60Х90/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 9,9. Тираж 100 экз. Заказ № 253

Издательство Географического ф-та МГУ  
119992 Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,  
географический факультет