

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ РОССИИ

На сегодняшний день мировой рынок альтернативной энергетики развивается высокими темпами и уже существует более десятка видов источников возобновляемой и нетрадиционной энергии. Основные преимущества подобного рода источников хорошо известны – это, в первую очередь, экологическая чистота и условная неограниченность в использовании. Но существуют и недостатки применения установок альтернативной энергии, которые для каждого ее вида уникальны, однако их можно сгруппировать следующим образом: привязанность к определенным территориям (ветряные, приливные, геотермальные установки), малая мощность, особенно в масштабах промышленного потребления, высокая стоимость единицы получаемой энергии, а также общая технологическая сложность и загрязненность процесса производства некоторых установок, а также наличия различных проблем в их повседневном использовании.

Рассмотрим основные виды альтернативных источников энергии с позиции экономической эффективности и целесообразности применения в России.

Фотогальваническая энергетика (солнечные батареи) производят электроэнергию из солнечного света. Эти элементы позволяют преобразовывать солнечный свет непосредственно в электрическую энергию. Фотогальваническая система состоит из модуля (ячейки, генерирующей энергию) и прилегающей системы компонентов. Большинство фотогальванических систем представлено в виде плоских тарелок, в которых свет немедленно поступает в модуль. Другой вид - фотогальванические концентраторы - с помощью оптической системы улавливают свет и передают его в небольшую по площади и высокоэффективную солнечную ячейку.

Большая часть территории России (более 60%) характеризуется среднегодовым поступлением солнечной радиации от 3,5 до 4,5 кВт·ч/м² день [1]. Этого достаточно для использования фотогальванических систем. Главным преимуществом солнечной энергии является то, что запасы ее бесконечны. Вторым положительным моментом считается ее экологическая чистота при эксплуатации.

Методика расчета энергокупаемости достаточно проста и исходит из трех основных факторов: энергозатраты на производство солнечного элемента (EC), эффективность преобразования солнечной энергии (η) и среднегодовая мощность излучения в регионе, в котором предполагается размещение солнечного элемента (SP) (формула 1):

$$EP = EC/(\eta \cdot SP) \quad (1)$$

Солнечный элемент на основе поликристаллического кремния требует 600 кВт·ч на производство 1 м² площади солнечного модуля. Типичный КПД солнечных батарей - 12%. Среднегодовая мощность солнечного излучения в России составляет порядка 1400 кВт·ч [1]. Соответственно, энергокупаемость составит 3,6 года. При этом срок службы солнечных батарей составляет как минимум 25 лет. Такую гарантию дают многие производители этих устройств.

Ветроэнергетика. Технически достижимые ресурсы ветровой энергии в России оцениваются в 16 млрд. МВт·ч. Самая длинная на Земле береговая линия, обилие ровных безлесных пространств, большие акватории внутренних озер и морей – все это наиболее благоприятные места для размещения ветрогенераторов электроэнергии.

Принцип работы ветрогенератора заключается в следующем –набегающие потоки ветра на высоте башни ветрогенератора - от 40 до 100 метров вращают лопасти ветрогенератора. Энергия вращения передается по валу ротора на мультипликатор, который в свою очередь вращает асинхронный или синхронный электрический генератор. Сейчас становятся распространенными конструкции ветрогенераторов, не имеющих мультипликатора, что существенно увеличивает их производительность. Начальная скорость вращения ветрогенераторов 4 м/с, скорость при которой генератор работает со стопроцентной эффективностью равна 7 м/с и более.

В отличие от фотогальванических элементов, для которых установлена стандартная единица измерения рабочей поверхности - 1 м² для ветрогенераторов подобного измерителя нет. Обычно они ранжируются по вырабатываемой мощности. Мощностная линейка ветрогенераторов сегодня простирается от 100 Вт до 5000 кВт единичной установленной мощности. Экономически оправданными становятся ветрогенераторы с мощностью от 2 кВт. Более слабые могут лишь дополнять другие источники электроэнергии. Срок службы ветрогенераторов составляет 20-25 лет.

Ветрогенераторы в среднем окупаются при наличии централизованного электричества при ветре 4 м/с через 8 лет, при ветре 5 м/с через 6 лет, при ветре 6 м/с через 4 года, при ветре 7 м/с через 2,5 года, при ветре 8 м/с через 1,5 года. Полностью автономный ветрогенератор окупается при среднегодовой скорости ветра 4 м/с после 1,5-2 лет эксплуатации.

Теплонасосные установки. Тепловой насос – это источник энергии для системы отопления и горячего водоснабжения, а также одновременно может служить источником для системы кондиционирования. Основное отличие теплового насоса от традиционных генераторов тепловой энергии заключается в том, что при производстве тепла до 80 процентов энергии извлекается из

окружающей среды. Тепловой насос получает тепловую энергию из грунта, скальной породы или озера, накопленную за теплое время года.

Принцип действия теплонасосной установки основан на том, что при подводе низкопотенциальной теплоты в испаритель происходит процесс кипения рабочего тела, пары которого сжимаются в компрессоре с повышением энтальпии и температуры. В конденсаторе теплота фазового перехода рабочего тела передается технологии, теплоносителю. В дроссель-клапане снижаются температура и давление рабочего тела, поступающего обратно в испаритель.

Теплонасосные установки классифицируют: по принципу работы — на термомеханические, использующие процессы повышения и понижения давления рабочего тела; электромагнитные, использующие постоянные или переменные электрические или магнитные поля.

Термомеханические теплонасосные установки разделяют на компрессорные (парожидкостные, газожидкостные и газовые), сорбционные (абсорбционные и адсорбционные) и струйные (эжекторные и вихревые с замкнутым и разомкнутым контурами). К электромагнитным теплонасосным установкам относят термоэлектрические системы (основанные на эффекте Пельтье), магнитокалорические (трансформация теплоты осуществляется последовательным намагничиванием и размагничиванием парамагнетиков или ферромагнитных тел), термомагнитные (используется эффект Эттингсхаузена при совместном действии на полупроводники магнитного и электрического полей) и электрокалорические (основаны на действии электрического поля на сегнетоэлектрики); по характеру трансформации — на установки с повышающей и расщепительной трансформацией.

В первом случае теплота, подведенная к установке при более низкой температуре, отводится от нее с более высокой температурой. Во втором — к установке подводится поток теплоты среднего потенциала с температурой, который в теплонасосной установке делится (расщепляется) на 2 потока — низкого и повышенного потенциала. В промышленности в основном используют теплонасосную установку компрессионного, абсорбционного и эжекторного типов.

Основной недостаток теплонасосных установок состоит в том, что при слишком большой разнице между температурой на улице и в доме, тепловой насос теряет эффективность (предел применимости в системах отопления домов за счёт откачки тепла от наружного воздуха — около $-15-20^{\circ}\text{C}$).

Среднее время окупаемости теплонасосов составляет 4-6 лет, при сроке службы по 15-20 лет до капитального ремонта [2].

Биоэнергетика. К этому понятию относится все, что так или иначе связано с получением в промышленных масштабах энергии из различного возобновляемого сырья биологического происхождения. Такое сырье и его производные обычно называют биотопливом. Биотопливо бывает твердым, жидким или газообразным и может изготавливаться из самого разного сырья, такого как:

- древесные отходы, различного происхождения;
- отходы сельскохозяйственного производства (лузга, шелуха, солома, тростник);
- бытовые отходы, канализационные стоки;
- специально выращиваемой топливной древесины и т.д.

По оценкам экспертов, валовый потенциал биоэнергетики России составляет 467 млн. тонн условного топлива (т.у.т) /год, технически возможный на сегодняшнее время – 129 млн. т.у.т / год, а экономически оправданный – 69 млн. т.у.т / год [3].

Основными источниками российской энергетической биомассы являются:

- Органические отходы агропромышленного комплекса с энергосодержанием до 80 млн. т.у.т./год;
- Органические отходы лесопромышленного комплекса (при условии использования современных технологий лесопроизводства и деревообработки) с энергосодержанием до 1 млрд. т.у.т./год; (весь лесной запас – 20 млрд. т.у.т.);
- Отходы городов (сточные воды и твердые бытовые отходы);
- Торф (всего -60 млрд. т.у.т. 10.7 млрд. т.у.т. промышленный фонд, 100 млн. т.у.т./год);
- Энергетические плантации (минимум 270.9 млн. т.у.т./год, 19.5 млн. га - 20%, биогаз – 228.5 млн. т.у.т., этанол – 41.9 млн. т.у.т.);
- Биогазификация остаточной нефти [3].

Из всего многообразия биотоплива в России наиболее распространенным являются топливные гранулы (пеллеты). Они получаются из торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства. Представляет собой цилиндрические гранулы стандартного размера. Топливные гранулы — экологически чистое топливо с содержанием золы не более 3 %. Гранулы отличаются от обычной древесины высокой сухостью 8—12 % и большей — примерно в полтора раза — плотностью, чем дрова. Эти качества обеспечивают высокую теплотворную способность по сравнению со щепой или дровами — при сгорании тонны гранул выделяется приблизительно 3,5 тысяч кВт·ч и более тепла, что в полтора раза больше, чем у обычных дров. Сравнение основных показателей использования традиционных источников энергии и твердых топливных гранул представлены в таблице 1, составленной на основе данных Росстата [4].

Таблица 1

**Оценка топливной составляющей стоимости тепловой энергии
при использовании различных видов топлива в сравнении с топливными гранулами**

Энергоноситель	Единица измерения	Средняя цена за единицу, руб.	Теплотворная способность, ккал/ед.	Цена за единицу произведенного тепла (топливная составляющая), руб./Гкал
Щепа, опил	куб.м.	493,5	75000	6580
Электричество	кВт/час	3,0 ¹	860	3000
Дизтопливо	л	27,87 ²	10 000	2787
Топочный мазут	кг	8,84	9 800	902,04
Топливные гранулы	кг	2,51	4 100	612,19
Уголь каменный	кг	1,41	6775	208,12
Природный газ	куб.м.	0,68	9 300	73,11

¹ Для европейской части России на 1 июля 2012

² данные на 15 июля 2012 года

Как видно из таблицы 1, топливные гранулы могут представлять собой высокоэффективное, экологически чистое, возобновляемое и достаточно экономичное топливо. Остальные виды биотоплива на настоящее время в России практически не вырабатываются.

Преимущества и недостатки рассмотренных основных видов альтернативных источников энергии, применяемых в России представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, обладая очевидными преимуществами каждый источник альтернативной энергии имеет определенные недостатки, которые сдерживают его развитие на современном этапе. Мощная критика альтернативной энергетики началась ещё в 1970-е годы, когда в октябре 1975 года академик Пётр Капица, пользуясь физическими расчётами и аргументами, доказал бесперспективность каждого вида ВИЭ как равноценного заменителя традиционных источников, за исключением энергии управляемого термоядерного синтеза.

По его мнению, солнечная энергия требует невероятно больших площадей для установки требуемого числа батарей, ветровая и приливная энергия слишком непостоянны, а термоядерные исследования потребуют много времени, прежде чем человек сможет безопасно использовать эту технологию [5]. Современным аргументом критиков альтернативных источников энергии служит очевидная дороговизна электроэнергии, полученной от них, а также отсутствие полной экологичности [6]. Так или иначе, на планете, в том числе в России, достаточно возобновляемой энергии и основная проблема заключается в разработке эффективного механизма ее сбора и трансформации.

Таблица 2

Сравнение основных альтернативных источников энергии

Наименование источника энергии	Преимущества	Недостатки
Фотогальваническая энергетика	<ul style="list-style-type: none"> - общедоступность и неисчерпаемость солнечной энергии; - длительный срок службы без ухудшения эксплуатационных характеристик; - функционирование не зависит от технических неполадок энергопоставщиков; - не требуют дополнительного топлива; - наличие возможности модульного наращивания мощности. 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая стоимость; - невысокий КПД (средний - 12 %); - неэкологичный процесс производства составляющих элементов (кремния); - зависимость от погодных условий и географического расположения; - требует установки дополнительного оборудования (аккумуляторов, инверторов и т. д.); - необходимость в свободных площадях, особенно при масштабном генерировании энергии; - наличие ядовитых веществ в составе самих фотоэлементов (свинца, кадмия, галлия, мышьяка и т. д.), т.е. возникает проблема утилизации.
Ветроэнергетика	<ul style="list-style-type: none"> - возобновляемый и практически неисчерпаемый источник энергии; - ветряные турбины занимают мало места, что позволяет размещать их совместно с другими строениями и объектами; - относительно высокий КПД (до 35%); - функционирование не зависит от технических неполадок энергопоставщиков; - не требуют дополнительного топлива. 	<ul style="list-style-type: none"> - зависимость от погодных условий и географического расположения; - требует установки дополнительного оборудования (аккумуляторов, инверторов и т. д.); - высокий уровень шума (может превышать 100 дБ); - генерация низкочастотных вибраций и радиопомех.
Теплонасосные установки	<ul style="list-style-type: none"> - доступный и возобновляемый источник энергии; - экономичность; - надежность и простота в обслуживании; - компактность и малозумность. 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая первоначальная стоимость; - обратная зависимость эффективности от разницы температур между источником теплоты и потребителем; - зависимость от определенного природного источника тепла (почва; наземная вода; грунтовые воды).
Биоэнергетика	<ul style="list-style-type: none"> - наличие разнообразного возобновляемого биосырья, в том числе бытовых отходов; - постоянство выработки и максимальное использование установленной мощности; - невысокая себестоимость твердых видов биотоплива; - выбросы, которые происходят после сгорания биотоплива, практически экологические. 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая себестоимость жидкого биотоплива и биогаза; - необходимость использования в производстве биотоплива традиционных энергоносителей; - истощение почв энергетическими культурами; - вырубка лесов.