

К вопросу использования альтернативных источников солнечной энергии в системах теплоснабжения промышленных и бытовых потребителей

Дидиков А.Е.
didikov@yandex.ru

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики
Институт холода и биотехнологий

В связи с повышением доли парниковых газов в атмосфере и возможным подъемом температуры на планете, вопрос применения альтернативных источников энергии особенно актуален. В работе представлены пути решения проблемы, связанные с применением солнечной энергии в системах нагрева воды и отопления для промышленных и бытовых потребителей. Проведенный анализ показывает перспективность и экономическую целесообразность внедрения проектов с солнечными источниками энергии на территории России.

Ключевые слова: солнечная энергия, альтернативные источники, парниковый эффект

On the use of alternative sources of solar energy heating systems for industrial and domestic consumers

Didikov A.E.
didikov@yandex.ru

Due to the increasing share of greenhouse gases in the atmosphere and the potential rise of the temperature on the planet the use of alternative energy sources is particularly relevant. In the paper the ways to solve problems associated with the use of solar energy systems, water heaters and heating systems for industrial and domestic consumers are presented. The analysis shows promise and economic feasibility of projects with solar energy sources in Russia.

Key words: solar energy, alternative sources, greenhouse effect.

В настоящее время на долю Российской Федерации приходится пятая часть мирового потребления энергоресурсов. При этом энергетические затраты на единицу продукции по-прежнему остаются, как и в бывшем СССР, едва ли не самыми высокими в мире. В начале 1990-х гг. еще до

начала спада промышленного производства, отечественные предприятия были почти в 2,5 раза более энергоемкими чем в Западной Европе. К концу второго тысячелетия потребление энергии на единицу продукции в РФ возросло по сравнению с США в 3 раза, с Китаем в 4 раза и почти в 5 раз стало больше чем в Японии или Германии [5]. Несмотря на введение в 1996 г. Закона «Об энергосбережении», энергетические затраты отечественной экономики выросли за это время на 46 % и более чем на 30 % увеличилось энергопотребление на производство продукции стратегического назначения (сталь, чугун, алюминий и др.). Доля энергетических затрат в себестоимости вырабатываемой в РФ продукции и услуг в среднем составляет:

- в промышленности – 18 %;
- на транспорте – 17 %;
- в сельском хозяйстве – 11 %.

Как показывают расчеты, снижение удельной энергоемкости ВВП всего лишь на 1 %, дает прирост национального дохода на 0,3–0,4 %.

Нельзя сказать, что в современной России не предпринимаются попытки по снижению энергоемкости экономики. За последнее десятилетие макроэкономическая политика государства позволила снизить энергоемкость ВВП в среднем на 5 % в год. Максимальный достигнутый уровень составил 7,5 % в 2000 г. Несмотря на появившиеся положительные сдвиги в динамике энергоемкости ВВП, Россия по-прежнему является лидером в числе 6 крупнейших стран по выбросу парниковых газов. На ее долю приходится около 5 % мировых выбросов парниковых газов [3].

В 2006 г. Минэкономразвития России разработало два сценария по выбросам парниковых газов с учетом долгосрочной перспективы. Согласно «Базовому сценарию» (предполагающему консервативный путь развития экономики) и «Сценарию быстрого развития» (предполагающего инновационный путь развития), выбросы парниковых газов не будут превышать к 2020 г. 94 % от уровня 1990 г. Прогноз достаточно оптимистичный, если не брать в расчет основные тенденции развития нашей экономики. Как показывает практика, выбросы парниковых газов зависят от структуры промышленного производства, стоимости энергоресурсов, политики государства по снижению выбросов и отношении к проблемам экологии,

а также потенциала роста промышленного производства в стране. Анализ данных аспектов показывает, что в структуре экономики РФ в основном доминируют сырьевые отрасли – нефтяная, газовая, угольная и металлургические. Их бурное развитие формирует широкое повсеместное использование углеводородного сырья во всех областях энергетики и диктует уровень цен на энергоносители. Прибыль нефтегазового сектора ставится во главу угла современной российской экономики, так как она является основой формирования бюджета нашего государства. Засилье традиционных сырьевых технологий и их лоббирование на самом высоком уровне, не дает возможности применения новых ресурсосберегающих технологий, переход на альтернативные источники энергии, отказ от затратных и энергоемких

технологий и производств. В странах с развитой экономикой усилия государства и бизнеса направлены на сохранение ценного углеводородного сырья, имеющего огромный потенциал в будущем. Предполагается, что при дальнейшем развитии технологий глубокой переработки, его можно будет использовать на более серьезные цели, а не просто сжигать в топках многочисленных печей и котлов, тем самым увеличивая долю парниковых газов в атмосфере.

Данные вопросы находят свое отражение на самом высоком уровне, о чем свидетельствуют слова Президента России Д.А. Медведева, который в своем выступлении на первом заседании комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики выделил в качестве одного из направлений по модернизации энергоэффективность и энергосбережение (в том числе и вопросы разработки новых видов топлива).

В контексте этого направления, применение солнечной энергии как альтернативного источника для промышленного и бытового потребления, позволит решить несколько основных природоохранных задач:

- сокращение загрязнения воздушной среды вредными выбросами;
- сохранение природных запасов органического топлива;
- уменьшение размера отчуждаемой земли под шахты, транспортные магистрали, терриконы и т. д.;
- сохранение кислорода за счет снижения количества сжигаемого топлива;
- сохранение природных ландшафтов, климатических условий.

Природоохранный эффект каждого из перечисленных результатов можно представить следующим выражением:

$$\text{Э}_\phi = \Delta B \cdot \Pi_{i\text{p}} \cdot V_{i\text{p}},$$

где ΔB – экономия топлива при использовании солнечной энергии (т у.т); $\Pi_{i\text{p}}$ – плата за i -й ресурс (топливо, землю, кислород), руб.; $V_{i\text{p}}$ – расход i -го ресурса

в расчете на одну тонну топлива в условном исчислении.

Повышение эффективности использования потребляемой энергии является определяющим, но не единственным фактором для снижения энергоемкости ВВП. Изменение структуры экономики (например, переход от производства сырья и материалов к менее энергоемким производствам) также играет важную роль. Снижение энергоемкости позволит разорвать связь между объемом выбросов CO_2 и экономическим ростом. Таким образом значительное сокращение доли углеводородов в структуре ВВП будет обусловлено, прежде всего, повышением эффективности использования энергии и дальнейшим переходом на менее углеродоемкие технологии, позволяющие снизить выбросы CO_2 в энергетике.

Проблема внедрения «чистых» и эффективных технологий во многих странах связана с несколькими аспектами, одним из которых является более дорогая стоимостью новых технологий, предполагающая определенную

стоимостную границу, когда применение альтернативных технологий будет эффективно. При разработке и внедрении новых разработок необходимо нести расходы связанных с проведением НИОКР, стадий обучения и демонстраций для иллюстрации коммерческой применимости технологий.

Международным энергетическим агентством (МЭА) в «Стратегиях и перспективах развития энергетических технологий до 2050 года» были предложены несколько сценариев развития мировой экономики. «Базовый сценарий» предполагает развитие, которое будет происходить в соответствии с уже сложившимися существующими тенденциями в экономике стран. «Сценарий ускоренного развития технологий» (АСТ) предполагает интенсивный рост и применение новейших технологий. Сценарий «Технологии Плюс» (TECH), где заложены наиболее оптимистичные варианты развития из сценария АСТ, предусматривает внедрение наилучших «чистых» технологий из сценария АСТ. По смыслу этих сценариев и расчетам разработчиков, все инвестиции в новые и передовые ресурсосберегающие технологии будут неконкурентоспособными без поддержания цены снижения выбросов на уровне 25 долл. США за одну тонну CO₂.

Для внедрения сложных наукоемких технологий и проектов для обеспечения их доступности для потребителей, а также демонстрации их эффективности и работоспособности, необходима существенная государственная поддержка особенно на стадии демонстрации проектов, когда требуется создание 10–15 специальных демонстрационных установок. По предварительным расчетам для сложных инновационных проектов расходы на демонстрационные установки, по заявлению создателей программ, могут составлять 250–500 млн. долл. США на одну установку. Стоит сравнить эти казалось бы огромные суммы с расходами на инвестиции в генерирующие мощности альтернативной энергетики на период 2005–2050 гг., которые приводят разработчики сценария АСТ Мар (самый оптимистичный сценарий, который предполагает внедрение всех четырех групп энергетических и климатических технологий). Это дополнительные инвестиции в отрасли альтернативной энергетики, которые по сравнению с «Базовым сценарием» составят в трлн. долл. США:

– ветряные	– 3,6;
– солнечные	– 0,9;
– геотермальные	– 1,1;
– АЭС	– 1,4;
– установки улавливания и захоронения CO ₂ (CCS)	– 0,9.

Стоит отметить, что, по мнению создателей сценариев, эти инвестиции в альтернативные источники энергии будут компенсированы снижением вложений в углеводородные технологии (широко распространенные в России), что дает возможность разумно распорядиться инвестициями на благо развития и сохранения биосферы планеты.

Недостаточное внимание в России к использованию альтернативных источников энергии, связаны со многими причинами. Во-первых, это

сырьевая доминанта экономики. Во-вторых, неэффективная и недейственная в настоящее время количественная оценка расчета вреда, наносимого окружающей природной среде работой традиционных теплоэнергетических установок, из-за ее низкого стоимостного эквивалента. Расчетные величины ущерба не соответствуют размеру платы, которую предприятия вносят за пользование окружающей средой и ресурсами. Плата составляет доли процента

от нанесенного окружающей среде вреда. Судя по последним заявлениям и докладам Министра природных ресурсов и экологии Ю.П. Трутнева, данная ситуация в ближайшее время может коренным образом измениться и размер платы за ресурсы будет увеличен до величины размера вреда наносимого окружающей среде. С включением этих величин в стоимость энергии, производимой традиционными источниками, альтернативные источники и, в частности, солнечные энергетические установки, окажутся уже в значительно более выгодном положении по сравнению с нынешней ситуацией.

Применение альтернативных методов получения энергии представляет большой интерес для всего мирового сообщества. Считается, что для покрытия всех потребностей мирового энергопотребления достаточно использовать всего лишь 1 % территорий пустынных зон планеты и построить на их территории солнечные электростанции (СЭС). Для покрытия потребностей Западной Европы достаточно построить в Испании серию СЭС на площади всего лишь 1,8 % ее территории. При этом можно заменить не только тепловые, но и атомные электростанции.

Анализ данных о потенциале возобновляемых источников энергии показывает, что они столь велики, что по энергетическому эквиваленту в расчете на один год они многократно превышают суммарные запасы всех видов топлива в недрах Земли. Например, годовое поступление солнечной энергии эквивалентно тепловому эффекту при сжигании $1,3 \cdot 10^{24}$ т у. т, что значительно превышает запасы энергии, содержащиеся в ископаемых видах топлива (нефть, уголь, газ) и оценивающиеся в $6 \cdot 10^{12}$ т у. т. Удельная мощность солнечного излучения падающего на нашу планету, равна $1,37 \text{ кВт/м}^2$. С учетом размеров Земли суммарный поток энергии на нее составляет $187,27 \cdot 10^{12}$ т у. т в год. По данным МЭА, общее потребление первичной энергии (уголь, нефть, газ, атомная энергия, и возобновляющиеся источники, включая гидроэнергию) на рубеже XX и XXI вв. составляло 14 970 млн. т.у.т./год, что не превышает одной сотой доли процента энергии, которую поставляет Солнце.

Солнце – это огромный источник энергии, который представляет собой звезду диаметром 1392 тыс. км. Его масса и объем в 333 тыс. и в 1,3 млн. раз превышают соответствующие параметры Земли. Химический состав: 81,6 % водорода, 18,14 % гелия и 0,1 % азота. Внутри Солнца постоянно происходят термоядерные реакции, превращающие водород в гелий. Тепловой поток солнечного излучения на поверхности Земли огромен: $1,5 \cdot 10^{24}$ Дж/год,

однако его плотность на границе с атмосферой Земли составляет – 1353 Вт/м^2 (солнечная постоянная), а на поверхности Земли – в среднем 240 Вт/м^2 [1]. Этого недостаточно для получения теплоты высокого потенциала, но позволяет получать теплоту низкого и среднего потенциала. Расходы такого рода теплоты в развитых странах составляют 30–40 % от общего количества потребляемой энергии [5].

По подсчетам специалистов значительную долю в структуре энергопотребления занимают системы горячего водоснабжения и отопления. На эти нужды в странах с умеренным климатом расходуется 25–40% от общего количества потребляемой энергии и возможности по энергосбережению имеют достаточно большой потенциал. Исходя из экономических соображений, наиболее целесообразно первоначально направить усилия по использованию солнечной энергии именно для применения ее в системах горячего водоснабжения и отопления.

В РФ потенциальный масштаб теплоснабжения с применением солнечных коллекторов составляет около 250 млн. м^2 , что позволит за счет внедрения солнечных систем обеспечить экономию до 40 млн. т у.т. в год [1]. Особенно это актуально для сезонных потребителей горячего водоснабжения (дачные поселки, индивидуальные коттеджи, базы отдыха, сельскохозяйственные фермы и т.д.), семейных домов в сельской местности, но также может использоваться для систем централизованного теплоснабжения. Если учесть, что в сельской местности в России проживает около 45 млн. человек, то при среднем составе семьи из четырех человек, может быть использовано около 10 млн. солнечных водонагревательных установок. Для этого потребовалось бы 30–40 млн. м^2 солнечных коллекторов. Если площадь коллекторов будет доведена хотя бы до 10 млн. м^2 (примерно 25 % от потенциальной возможности), то за летний сезон такие установки могли бы производить 500 тыс. ккал/м^2 тепла, что эквивалентно 700 тыс. т у.т [1].

Энергия солнечного излучения, поступающего на поверхность Земли, определяется несколькими факторами: широтой местности, временем года и суток, состоянием атмосферы. Причем плотность теплового потока солнечного излучения максимальна не на экваторе, а вблизи 40° с.ш. Расчеты показали, что экономически более выгодно эксплуатировать солнечные установки, расположенные южнее 45° с.ш., где годовая продолжительность солнечного сияния составляет 2200–3000 ч, а годовой приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность составляет от 1200 до 1700 $\text{кВт}\cdot\text{ч/м}^2$. Расчеты показывают, что в районах с годовым приходом солнечной радиации более 1200 $\text{кВт}\cdot\text{ч/м}^2$ (по РФ приход в среднем составляет 830–1100 $\text{кВт}\cdot\text{ч/м}^2$) или от 3,5 до 6,6 $\text{кВт}\cdot\text{ч/м}^2$ день, можно обеспечить 25 % тепла в системах отопления, 50 % в системах горячего водоснабжения и 75 % в системах кондиционирования воздуха [5]. В работе показано, что если перевести на солнечное теплоснабжение 10 % потребителей сельских районов южнее 50° с.ш., можно сэкономить 1,7 млн. т у.т. в год.

Распространенное мнение, что Россия – северное государство и солнечного излучения здесь недостаточно для полноценного использования в системах энергообеспечения и теплоснабжения, опровергается многочисленными исследованиями специалистов Института высоких температур РАН. Ученые доказали, что сбор солнечной энергии на поверхности Земли можно увеличить в 1,3–1,5 раза по сравнению с поглощающей радиацию горизонтальной плоскостью. Для этого необходимо лишь установить солнечный коллектор под оптимальным углом наклона [5]. Расчеты в работе [4] показали, что использование установки горячего водоснабжения индивидуального жилого дома площадью 140 м² с использованием солнечных коллекторов площадью 12 м² при среднемировой цене за теплоту 2500 руб./Гкал позволит заместить долю в общем потреблении тепловой энергии и довести срок окупаемости до следующих величин, с учетом разных регионов:

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| – в Приморском крае | – до 66 % и 4,2 года; |
| – Краснодарском крае | – до 53 % и 4,2 года; |
| – Воронежской области | – до 44 % и 5 лет; |
| – Московской области | – до 40 % и 5,2 года; |
| – Архангельской области | – до 34 % и 6,5 лет; |
| – Ленинградской области | – до 33 % и 7,5 лет. |

Указанные сроки окупаемости являются приемлемыми для внедрения установок в промышленности и быту при том, что их годовой КПД не превышает пока 30–50 %. Особенно актуально применение альтернативных источников энергии в районах, удаленных от централизованного электро- и теплоснабжения, где энергия солнца, ветра и воды, является практически единственной альтернативой. Возможно использование солнечного нагрева воды для малых и средних пищевых производств, расположенных в отдаленных от источников централизованного энергоснабжения местах. Производство пищевой продукции традиционно имеет высокое потребление воды питьевого качества. Например, для производства хлебобулочных изделий в среднем требуется приблизительно 6,5 м³ воды на тонну продукции, для мясных и молочных до 15–20 м³. Нагрев воды для таких потребителей, производится, как правило, в газовых или электрических водонагревателях, которые с успехом могут быть заменены на солнечные коллекторы. Пример расчета экономической эффективности применения солнечного водонагревателя для пищевого производства, расположенного в Краснодарском крае, представлен в работе [2]. Срок окупаемости данного внедрения составил 2 года при инвестициях в проект 0,8 млн. руб.

Основная проблема, присутствующая ранее и не позволяющая обеспечить широкое применение солнечной энергетики – это отсутствие массового производства солнечных коллекторов и аккумуляторов солнечной энергии, а также используемого в данных системах специального оборудования.

В настоящее время в РФ эти вопросы интересуют широкий круг специалистов, о чем свидетельствуют многочисленные публикации в

научных и периодических изданиях. Ими занимается целый ряд организаций, таких, как Энергетический институт им. Кржижановского ОАО «ЭНИН», Научно исследовательский институт строительной физики РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства и др.

Отечественные производители солнечных водонагревательных систем предлагают не столь широкий выбор моделей по сравнению с зарубежными коллегами, но в настоящее время на территории России они представлены следующими предприятиями: НПО «Машиностроение» (г. Реутов), ФГУП «НПО Машиностроение» (г. Москва), Ковровский механический завод (г. Ковров), «СоларЭн» (Армения).

Если рассматривать как альтернативу отечественным производителям, их зарубежных коллег, то основными производителями солнечных коллекторов

в Европе являются австрийская фирма «Greenonotec», немецкая фирма «Viessmann» и турецкая фирма «Ezinc». По данным за 2006 г. лидировала австрийская фирма «Greenonotec», которая произвела 700 тыс. м² площадей солнечных коллекторов. В тоже время фирма «Viessmann» произвела 250 тыс. м², а фирма «Ezinc» – 230 тыс. м² [6]. Не все из перечисленных фирм имеют полный цикл производства. Например, компания «Viessmann» занимается только сборкой коллекторов из получаемых комплектующих, фирмы «Greenonotec» и «Ezinc» производят коллекторы в полном технологическом цикле, в то время как основным поставщиком и производителем поглощающих панелей в Германии является фирма «КВВ» (370 тыс. м²) в 2006 г. [6].

В последние годы стоимость водонагревательной солнечной установки приблизилась к 300 долл. США в расчете на 1 м² коллектора. Она достигла той величины, когда стоимость производимого солнечной установкой тепловой энергии уже является сопоставимой с традиционными источниками тепла (электрическими, газовыми, угольными и т. д.), причем даже без учета экологической составляющей, влияние которой может быть очень существенно. Стоимость тепла, полученного от солнечной установки для обеспечения теплоснабжения может варьироваться в широких пределах и зависит от капитальных затрат и уровня инсоляции. Если учесть, что с 1 м² коллектора

в год можно получить от 0,7 до 1,4 Гкал тепла, то его стоимость составит от 25 до 50 долл./Гкал.

По данным отчета Энергетической комиссии Калифорнии был приведен сравнительный анализ стоимости электроэнергии, произведенной с применением неисчерпаемых источников энергии (при стоимости солнечных коллекторов более 300 долл. США за 1 м² установки) и традиционными способами. Даже без учета экологической составляющей стоимость энергии от традиционных установок оказалась существенно выше, чем для большинства НВИЭ. Экономический эффект и срок окупаемости от

применения солнечных установок на территории РФ приводится в работах [2, 5].

Приведенные данные свидетельствуют о возможности применения альтернативных источников теплоснабжения в РФ и его экономической эффективности в сравнении с традиционной энергетикой, несмотря на достаточно высокие первоначальные затраты и не включение в расчеты экологической составляющей.

Изучение различных сценариев развития мировой экономики и энергетики показывает, что использование альтернативных источников энергии – это требование современности. Применение неисчерпаемых источников энергии, к которым относится энергия солнца, дает возможность собственникам предприятий и владельцам частных домовладений не стать заложниками высоких и постоянно изменяющихся тарифов на энергоносители, платы и штрафов за выбросы вредных веществ и парниковых газов, а позволит стать независимыми в энергообеспечении и снизить постоянно растущие расходы на энергоносители. Мощное развитие альтернативной энергетики в России будет способствовать росту производства в высокотехнологичных отраслях экономики страны, задействует большой процент высококвалифицированной рабочей силы, обеспечит развитие смежных технологий и производств, добавит нам уверенности в завтрашнем дне, повысит конкурентоспособность нашей продукции, улучшит состояние окружающей среды на планете для нас и последующих поколений.

Список литературы

1. Демин И.С. Использование солнечной энергии для теплоснабжения коммунально-бытовых потребителей: Обзорная информация. – М.: Институт экономики жилищно-коммунального хозяйства АКХ им. К.Д. Памфилова, 1989. – 66 с.
2. Дидиков А.Е. Использование солнечной энергии в системах нагрева воды на пищевых предприятиях // Материалы V Международной научно-технической конференции «Низкотемпературные технологии в XXI веке». – СПб.: СПбГУНиПТ, 2011.
3. Кокорин А.О., Гарнак А., Грицевич И.Г., Сафонов Г.В. Экономическое развитие и решение проблемы изменения климата // Экологический вестник России. № 3. 2009. – С. 15–21.
4. Чудинов Д.М. Определение эффективности использования солнечных систем теплоснабжения: Автореф. дисс. к.т.н. – Воронеж, 2007. – 18с.
5. Щукина Т.В. Солнечное теплоснабжение зданий и сооружений. – Воронеж, 2007. – 121 с.
6. World Map of the Solar Thermal Industry: Big Business with the Sun // SUN, WIND, ENERGY. 2007. № 4.