

солнечной энергии, то есть спад одного природного энергоисточника совпадает с пиком другого.

Проведенные исследования по составу комбинированных систем электроснабжения в зависимости от прихода солнечной радиации и скорости ветра на большей части территории республики определили экономически целесообразное соотношение мощности ветро- и солнечных установок как 3:1.

Для электроснабжения усадебных домов с суточным потреблением 3,0, 5,0 и 7,5 кВт·час минимальные мощности системы ВЭУ+ФЭУ составят 1,0+0,3 кВт, 2,5+0,8 кВт, 4+1,3 кВт.

К ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЦА КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Соболь В.Р., (БГАТУ), Кириленко А.И., (МГВАК), г. Минск

Наряду с ядерной энергетикой и ископаемым органическим топливом существуют, так называемые, возобновляемые источники, ресурсы которых относят к геотермальному теплу Земли, энергии ветра, течения рек, морских приливов и др. По уровню температуры T термальные воды разделяют на низко – средние – и высокопотенциальные, из которых первые (T до 80°C) годятся только для горячего теплоснабжения, а остальные (T до 100°C и свыше 100°C) можно применять в электроэнергетике при вторичном низкокипящем носителе. При возрастании стоимости ископаемых ресурсов целесообразно привлекать энергию и других источников, в частности солнечного излучения. Выделяемая Солнцем мощность $3,8 \cdot 10^{26}$ Вт отвечает плотности потока на орбите Земли $1,35 \cdot 10^3$ Вт/м². В жарких странах на один квадратный метр приходит в среднем 250 Вт при максимальном значении 1000 Вт/м², а в умеренном поясе почти в два раза меньше. Однако указанные значения все же недостаточны для прямого применения (в современных парогенераторах плотность достигает 10^5 Вт/м²).

В работе приведены некоторые соображения по реализации фототермического способа преобразования энергии Солнца и производства низкопотенциального тепла (вода с T до $80 - 90^{\circ}\text{C}$ для отопления помещений и хозяйственных нужд) в простом варианте гелиоколлектора, содержащего элемент из светопоглощающего материала. К светочувствительным покрытиям таких нагревателей выдвигают ряд требований по их термо – и влагоустойчивости при многократном изменении температуры окружающей среды. Кроме

этого требуется удовлетворять требованиям технологичности при монтаже и эксплуатации, способности эффективного трансформирования энергии. В дополнение к уже существующим и разрабатываемым материалам чувствительных покрытий на основе диэлектрических стекломалевых материалов здесь обсуждаются возможности применения материалов с металлическим типом проводимости.

В соответствии с законами сохранения лучистая энергия любого источника при падении на поверхность тела претерпевает отражение, поглощение и частично проходит через среду. Металлы, обладающие большим числом свободных носителей, сильно отражают при частотах излучения ниже частоты плазменных колебаний. Нанесение на поверхность металлов оксидных слоев позволяет достигать эффекта зачернения, при котором излучение поглощается в широком диапазоне спектра. По результату действия такое явление напоминает процессы используемые при изготовлении летательных аппаратов, слабо уязвимых для радаров. На сильно развитой пористой поверхности, на которой сформированы световые ловушки луч претерпевает многократное отражение, прежде чем выйдет обратно, и попросту говоря теряется с поглощением энергии при малой доле отраженного излучения. Примером такого материала является сажа, которая имеет черный цвет из-за одинаково сильного поглощения излучения во всем видимом диапазоне. Сажа, тем не менее, не годится к формированию поверхностного чувствительного слоя ввиду низких свойств по теплопередаче, поскольку перешедшая в тепло энергия должна быстро отводиться с поверхности. С другой стороны, материал конвертора должен иметь малую теплоемкость, чтобы легко нагреваться. К веществам, обладающим сравнительно малой теплоемкостью и высокой проводимостью тепла относятся металлы. У них электронная составляющая теплоемкости ничтожна из-за сильного вырождения газа носителей заряда, то есть теплоемкость остается по величине одного порядка с теплоемкостью диэлектрика, а теплопроводность достаточно велика из-за большой скорости Ферми. Слой меди с окислированной наружной поверхностью может вполне явиться чувствительным элементом преобразователя. Например, лист такого материала толщиной в 1 мм при экспонировании его нормально световому потоку с плотностью 300 Вт/м^2 в течение 100 с способен нагреться на 8°C . Энергия переданная теплоносителю, которым может явиться вода либо более низкокипящая жидкость – фреон, поднимет температуру такого же объема

жидкости на величину в 1.2 раза меньшую и в 1.6 раз большую для воды и фреона соответственно (теплоемкость меди, воды и фреона 0.38 кДж/кг, 4,182 кДж/кг К и 2,12 кДж/кг К). Данные оценки выполнены в приближении идеальной тепловой изоляции.

В более реалистичных условиях для оценки уровней разогрева жидкости под слоем конвертора используем нестационарное уравнение теплопроводности, которое запишем в одномерном приближении

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + q - \lambda \frac{T - T_0}{d} \quad (1)$$

здесь c , k и ρ – удельная теплоемкость, теплопроводность и плотность материала теплоносителя, λ и d – теплопроводность и толщина слоя изолирующего материала, q – плотность теплового потока поступающего со стороны конвертора, T_0 – температура окружающей среды. При малой толщине слоя жидкости пренебрежем распределением температуры и используем граничное условие: в начальный момент времени температура равна T_0 . В этом случае решение (1):

$$T(t) = \frac{qd}{\lambda} \left(1 - e^{-\frac{\lambda}{dc\rho t}} \right) + T_0 \quad (2)$$

В соответствии с полученным решением (2) на рисунке 1 смоделирована кинетика изменения температуры слоя воды толщиной 10^{-3} м при эффективном поглощении мощности 100 Вт при некоторых значениях толщины изолирующего слоя. Как следует из Рис. 1, экспоненциальный характер поведения временной зависимости T вместо линейного связан с определенным самосогласованием задачи по температуре. То есть мощность отвода энергии также зависит от величины температуры, вернее ее перепада через слой изолятора даже в приближении постоянства градиента. Значения T насыщения выражаются только через параметры изолятора, что вполне разумно, поскольку именно этот материал отвечает за скорость установление динамического равновесия в стационарном состоянии.

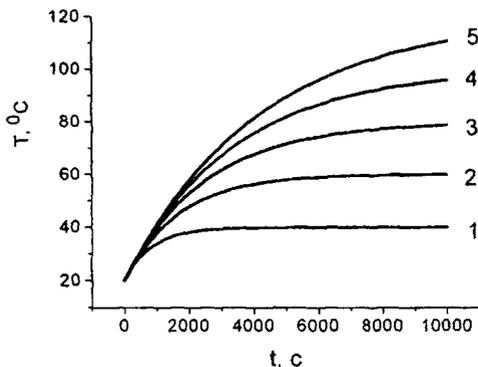


Рисунок 1 – Изменение температуры слоя воды толщиной 10^{-3} м при поглощении мощности 100 Вт/м^2 и значениях толщины изолирующего слоя d , м: 0.01 (1), 0.02 (2), 0.03 (3), 0.04 (4), 0.05 (5) и его теплопроводности $0,05 \text{ Вт/м К}$.

Данный приближенный расчет показывает возможности энергосбережения и скрытые резервы новых технологий при производстве теплоизоляторов на основе вакуумных пористых материалов.

Таким образом рассмотрение модельной задачи по эффективной передаче энергии Солнца через металлический конвертор жидкому теплоносителю показывает, что обычная изоляция типа войлока толщиной в 5 см позволяет поднять температуру миллиметрового слоя воды до $100 - 110 \text{ }^\circ\text{C}$ при плотности теплового потока 100 Вт/м^2 . На широте нашего государства средняя мощность в три-четыре раза выше и это, вероятно, скажется на скорости нагревания, однако ожидать трехкратного возрастания температуры, видимо, не следует. Во всяком случае, требуется дополнительный более детальный анализ процессов передачи тепла от самого конвертора теплоносителю и учета разогрева изолирующего слоя.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВЫХ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ ИТТРИЕВЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ МЕТОДОМ КООКСИАЛЬНОГО РЕЗОНАТОРА

Соболь В.Р., Магер Е.Л., Малишевский В.Ф., (БГАТУ) г.Минск.

Исследование высокотемпературных сверхпроводников целесообразно проводить не только на образцах в виде моно- и поликристаллов, но и в керамическом состоянии. Сведения, полученные на керамических образцах и