

производством контейнерных кранов с автоматическим захватом (30,5 т).

Таким образом, рынок контейнерных перевозок в России за 10 лет (2003 – 2013 гг.) вырос в 10 раз, тем не менее, всё еще находится в стадии формирования и развития. На российский контейнерный трафик

влияют следующие основные факторы: внутреннее потребление полуфабрикатов и товаров широкого потребления, объем импорта, экспорта и транзита, мировая макроэкономическая конъюнктура. Доля транспортных издержек в России составляет 15 – 20 %, тогда как в западных странах 7 – 8 %.

**Секция «Промышленное и гражданское строительство»,
научный руководитель – Кочева М.А., канд. техн. наук, профессор РАЕ**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ
ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕХА**

Житцова Д.А., Иванова Е.А., Львов Д.А., Лебедева Е.А.

«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Нижний Новгород, Россия

Рассмотрена возможность использования солнечной энергии для горячего водоснабжения промышленного цеха. Сопоставлены различные солнечные коллекторы. Представлена принципиальная схема горячего водоснабжения промышленного цеха. Проанализированы результаты расчета оборудования

The possibility of using solar energy for hot water supply industrial building are considered. Compared various solar collectors. The basic scheme of hot water supply. The results of calculation equipment are presented

Растущее потребление органического топлива во всем мире вызывает необходимость вовлечения в топливный баланс возобновляемых источников энергии. Энергия солнечной радиации по масштабам ресурсов, экологической чистоте и распространенности в мире наиболее перспективна.

Основная сложность использования солнечного излучения заключается в необходимости его улавливания и концентрирования, а также аккумуляции полученной энергии [1]. Перечисленные трудности и существенные затраты на гелиоустановки привели к мнению о непрактичности этого энергоресурса, по крайней мере на сегодня. Однако стоимость солнечных батарей быстро уменьшается, что несомненно

приведет к повышению коэффициента замещения органического топлива в будущем.

Следовательно, уже сейчас необходимо проводить исследования в части сопоставления различных схемных решений гелиосистем. Наиболее перспективным, на наш взгляд, представляется расширение диапазона применения солнечной энергии - использование ее на нужды горячего водоснабжения промышленных зданий.

Для расчета поступающей энергии необходимо применять современные программные средства и данные типичного метеогода [2]. Ниже приведены результаты моделирования работы солнечной водонагревательной установки. Моделирование осуществлялось с использованием современного программного продукта TRNSYS, широко используемого зарубежными научными центрами для моделирования работы солнечных установок (работа проводилась в процессе стажировки участия в международном образовательном проекте «Район завтрашнего дня» в высшей школе Зюйд, г. Хеерлен (Нидерланды)).

В качестве исходной климатической информации использовался так называемый типичный метеогод (ТМГ), разработанный с участием ГГО им. Воейкова (С.-Петербург). Целевой функцией проведенного анализа являлось количество дней в каждом месяце, в течение которых вода в баке нагревалась до установленного контрольного уровня температуры.

Сравнивались показатели трех типов солнечных коллекторов, характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Теплотехнические характеристики рассмотренных коллекторов, базирующиеся на реально достижимых в производстве показателях

Тип солнечного коллектора	Суммарный приведенный коэффициент тепловых потерь в расчете на 1 кв. м поверхности, Вт/м²К	Приведенный оптический КПД	Отношение поглощательной способности панели к ее излучательной способности,
Одностекольный, неселективный	7,0	0,8	0,98/0,95
Двухстекольный, неселективный	4,0	0,7	0,98/0,95
Одностекольный, селективный	4,0	0,78	0,95/0,12

На рис. 1 представлены графики изменения суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, температуры воздуха и температуры воды в баке солнечной установки в течение произвольно выбранных двух последовательных дней августа.

Приведенные результаты расчета относятся к одностекольному солнечному коллектору без селективного покрытия и отношению его площади к объему бака 2м²/100 литров. Горизонтальными линиями отмечены «контрольные» значения температур 37, 45 и 55°C. По кривой изменения солнечной радиации

видно, что первый день является практически ясным, второй день - с переменной облачностью.

Анализ результатов моделирования показывает также, что в летнее время потребитель будет иметь достаточно нагретую воду уже к середине дня (11-13 часов), а к концу дня с большой вероятностью вода в баке нагреется до 55-60°C. Поэтому принципиально возможно использовать горячее водоснабжение на базе солнечной энергии во время летнего ремонта оборудования котельных, когда остается востребованной нагрузка на горячее водоснабжение, а нагрузка на отопление отсутствует.

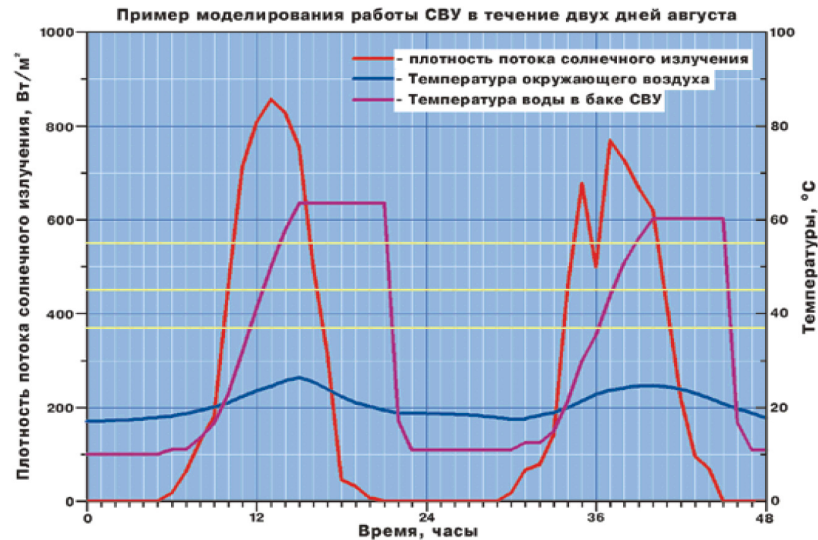


Рис. 1. Графики изменения суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, температуры воздуха и температуры воды в баке солнечной установки в течение произвольно выбранных двух последовательных дней августа.

Кроме того доказано, что дополнительное остекление и применение селективного покрытия не приводят к кардинальному повышению теплопроизводительности солнечной установки, но сопряжены со значительным увеличением ее стоимости.

Рассмотрим результаты численного анализа системы горячего водоснабжения промышленных зданий с использованием различных конструкций солнечных коллекторов. Для исследования приняты плоский неселективный с двухслойным остеклением и штампованным абсорбером КСЭ НПК-2, а также вакуумированный стеклянный трубчатый коллектор ВСТК производства Братского завода отопительного оборудования.

Принципиальная схема системы горячего водоснабжения приведена на рисунке 2.

Расчет требуемого количества коллекторов (площади поверхности КСЭ) проведен для сезонных систем солнечного ГВС для наименее выгодных условий (для большего $Q_{г.в.}$). Площадь поверхности КСЭ, m^2 :

$$F_k = \frac{Q_{г.в.}}{[I_k \cdot \eta_0 - K_K(t_{х.в.} - t_{в.})] \cdot n_g \cdot 86400}$$

I_k — плотность суммарного потока солнечной радиации, поступающей на поверхность КСЭ за 1 с, Вт/м²;

η_0 — эффективный оптический КПД КСЭ

Для НПК-2: $\eta_0 = 0,66$,

Для ВСТК: $\eta_0 = 0,54$

n_g — количество дней в данном месяце;

86400 — количество секунд в сутках;

K_K — эффективный коэффициент теплопотерь КСЭ, Вт/(м²К)

Для НПК-2: $K_K = 4,462 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

Для ВСТК: $K_K = 1,455 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

Расчет проведен для г. Кирова с довольно неблагоприятными с позиции использования солнечной энергии параметрами местности [3,4].

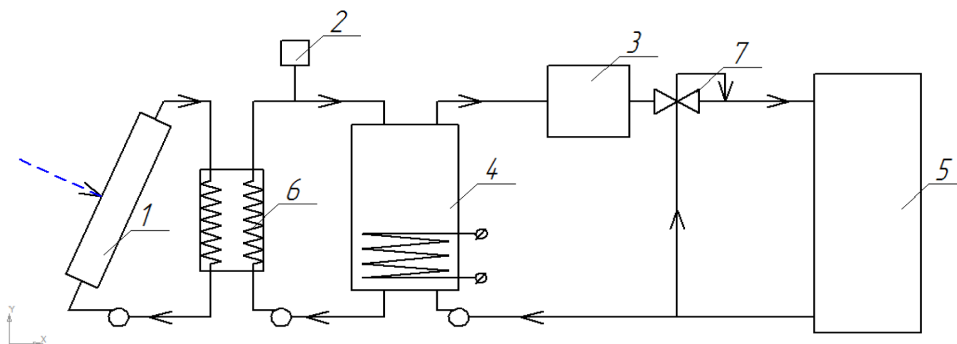


Рис. 2. Принципиальная тепловая схема горячего водоснабжения с использованием КСЭ:
1 — коллекторы солнечной энергии, заполненные антифризом; 2 — предохранительный клапан; 3 — бак горячей воды; 4 — бак-аккумулятор; 5 — здание; 6 — теплообменник; 7 — регулирующий механизм

График зависимости площади поверхности КСЭ от месяца показан на рисунке 3.

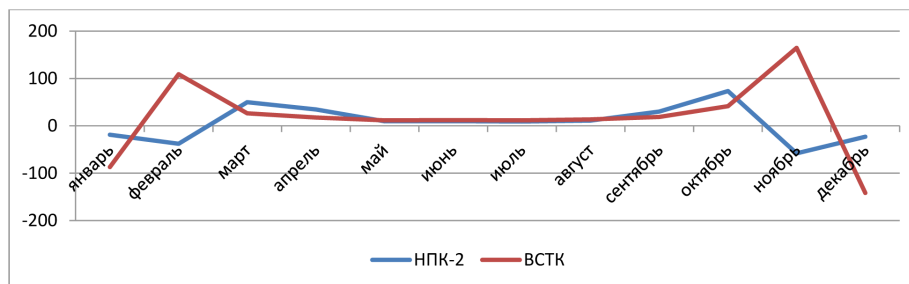


Рис.3 График зависимость площади поверхности КСЭ от месяца.

Годовой график изменения количества поступающей солнечной энергии и тепловой нагрузки тепло-

снабжения здания представлен на рисунке 4.

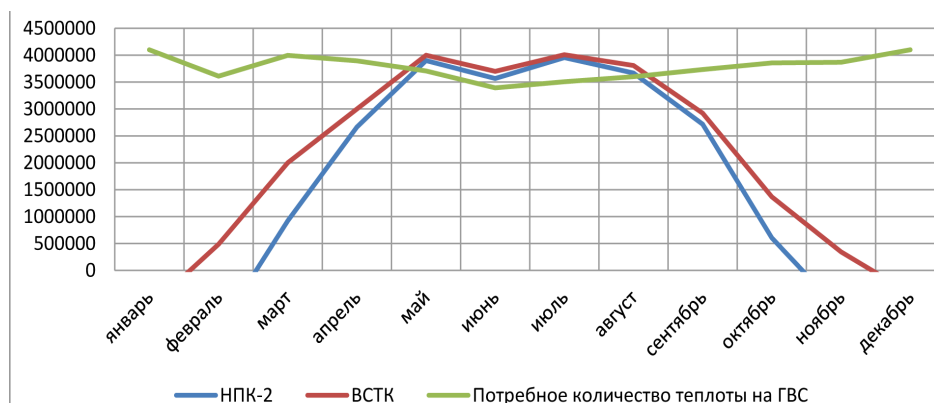


Рис.4. Изменение количества поступающей солнечной энергии и нагрузки здания на горячее водоснабжение (г. Киров)

Исходя из вышеизложенных графиков, количество солнечной энергии (с 1-ой декады мая по середину августа) достаточно для покрытия нагрузки на горячее водоснабжение промышленного цеха.

Для сравнения приведем аналогичный график (рисунок 4) применительно к Н.Новгороду.

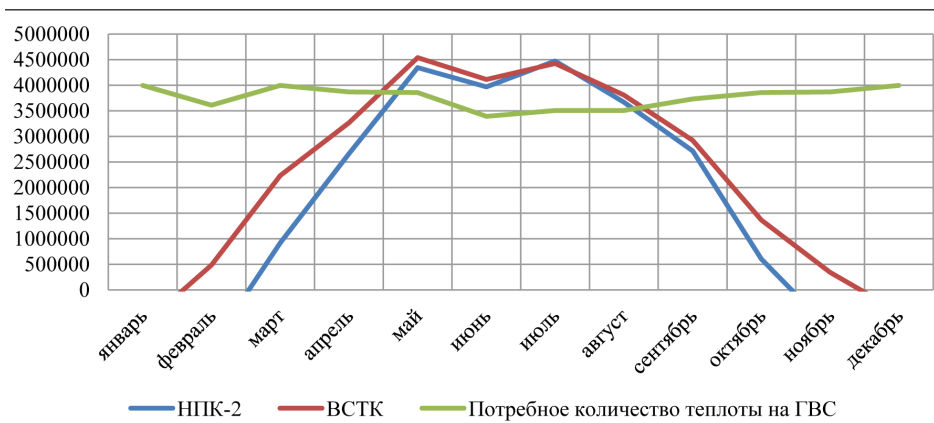


Рис.5. Изменение количества поступающей солнечной энергии и нагрузки здания на горячее водоснабжение (г. Н.Новгород)

Анализ показывает, что количество солнечной энергии, поступающей на коллекторы солнечной энергии в Н.Новгороде несколько больше, а диапазон ее использования - несколько шире.

Таким образом, в широтах России с 58 °с.ш. до 56 °с.ш. существует реальная возможность использования солнечного излучения для выработки теплоты на нужды горячего водоснабжения в летний период времени, когда горячее водоснабжение чаще всего отключается ввиду ремонта оборудования котельных (в связи с отсутствием нагрузки на отопление). Применение аккумуляторов теплоты типа MAXIS SK1 повышает надежность солнечной системы теплоснаб-

жения, обеспечивает покрытие нагрузки ночью и при повышенной облачности.

Список литературы

1. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоиздат, 1991- 208с.
2. Лебедева Е.А., Житцова Д.А. Использование солнечной энергии с целью замещения органического топлива //Великие реки – 2012: Тр. конгресса. 14-й Международный научно-промышленный форум. Н.Новгород, ННГАСУ, 2012. С.135-136.
3. ГОСТ 28.130-89 Коллекторы солнечные. Общие технические условия.
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.