

А.БАБОБЕКОВ, студент гр. 113М-20 (ТашГТУ)
Научный руководитель М.А. КОРОЛИ, к.т.н., профессор (ТашГТУ)
г. Ташкент

ДИНАМИКА СУТОЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР В СОЛНЕЧНЫХ «ГОРЯЧИХ ЯЩИКАХ»

Особенности солнечного источника энергии – относительно малая энергетическая плотность и зависимость поступления от времени и метеофакторов, что определяют переменность выходных характеристик солнечных установок и особенно низкопотенциальных солнечных установок (НПУ). Это определяет необходимость разработки методик, учитывающих зависимость теплотехнических характеристик НПУ (воздухо- и водонагреватели) от времени. Получение таких зависимостей экспериментально или на основе натурных исследований достаточно сложно. Один из путей решения задачи это разработка численных нестационарных моделей НПУ, с переменными во времени солнечной радиацией E_c и температурами окружающего воздуха t_h .

Основной элемент НПУ — это "горячий ящик" (ГЯ). Цель настоящей работы разработка численной нестационарной модели горячего ящика (ГЯ), учитывающих переменность E_c и t_h и исследование динамики суточного хода температур в основных элементах ГЯ. Схемы таких открытых и закрытых одномерных нестационарных моделей ГЯ для постоянных значений E_c и t_h были рассмотрены в [1]. Рассмотрим следующую схему закрытой модели ГЯ, см. рис.1, со следующими допущениями:

1. Перепадом температур в приемнике пренебрегаем;
2. Спектр солнечного излучения, в соответствии с пропускательной способностью стекла разбиваем на два диапазона, $\Delta\lambda = 0 \div 2.7 \text{ мкм}$, $\Delta\lambda = 2.7 \div \infty$.
3. Для конвективного теплообмена (α) между прозрачным ограждением (ПО) и теплоизоляцией (И) используются формулы естественной конвекции для неограниченного объема.

К особенностям модели относится то, что рассматривается нестационарный процесс для системы ПО-воздух (в объеме) – И. Распределение температур по толщине ПО и И определяется численно, причем учитываются объемное поглощение в ПО и поверхностное излучение с поверхностей ПО и И внутрь и наружу. Температура воздуха в объеме также переменна и определяется как среднемассовая, в виде

$$t_v = \int (q_{kpo} + q_{kp}) \cdot dt / (h_v c_v \rho_v) + t_0 \quad (1)$$

где q_{kpo} , q_{kp} - конвективные потоки от ПО и приемник (П) воздуху в объеме, c_v , ρ_v – теплоемкость и плотность и t_0 – начальная температура воздуха в объеме. Методика численного решения уравнения теплопроводности базируется на методике [2].

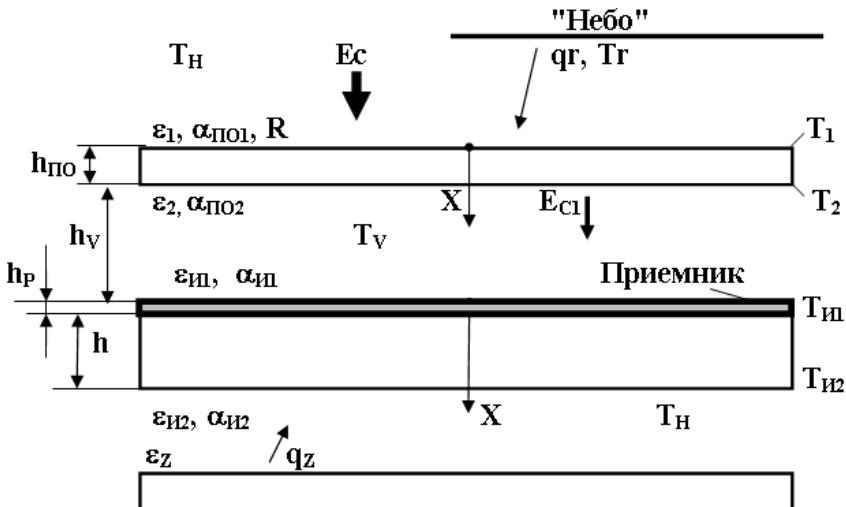


Рис. 1. Одномерная нестационарная модель горячего ящика.

На рис.2 приведена динамика изменения температур в ГЯ с параметрами: $h_v = 1\text{м}$ (исследования показали её слабое влияние на температуры, вплоть до $h_v = 10\text{мм}$); ПО – $h_{po} = 4\text{мм}$, пропускательная способность стекла в первом диапазоне $\tau = 0.92$ (для $\beta = 20 \text{ м}^{-1}$), а во втором $\varepsilon_1 = 0.91$, $R = 0.04$, $\lambda_{po} = 0.8 \text{ Вт/мК}$; Изоляция – $h = 30\text{мм}$, $\varepsilon_{i1} = \varepsilon_{i2} = 0.9$, $\lambda_i = 0.15 \text{ Вт/мК}$; $t_r = 10^\circ\text{C}$, $t_z = 25^\circ\text{C}$ $\varepsilon_z = 0.9$, начальная температура всех элементов ГЯ $t_0 = 25^\circ\text{C}$, $t_{min} = 10^\circ\text{C}$, $t_{max} = 25^\circ\text{C}$, $E_{Cm} = 700 \text{ Вт/м}^2$. Зависимость солнечной радиации E_c и наружной температуры t_h от времени задавалась в программной среде MathCad приближенно, в виде

$$EE = E_{Cm} \sin[(360 / 24 * (t - 24 * k) - 90) * ra] \quad (2)$$

IF $t \geq (6 + 24 * k)$ AND $t \leq (18 + 24 * k)$ THEN $E_c = EE$ ELSE $E_c = 0$

$$t_h = (t_{max} - t_{min}) \text{ ABS}\{\sin[((360 / 48) * (t - 24 * k) - 45) * ra]\} + t_{min} \quad (3)$$

где t – время, в час, k – номер суток – 0, 1..., $ra = \pi/180$. Для совмещения значений E_c на рис.2 они даны в масштабе 1/30.

Как видно из рис.2. даже такая упрощенная нестационарная модель позволяет сделать следующие выводы:

- имеем достаточно большие времена выхода до максимальных температур, так, например, порядка 4-х часов для подъема температуры И от 40°C до 80°C .
- начальная температура ГЯ практически не влияет ход суточных температур;

- существенно высокой, оказывается температура воздуха в объеме ГЯ;
- кривые охлаждения имеют в большей части вид, близкий к кривой нагрева, за исключением нижней ветви в которой и проявляется тепловая инерция ГЯ;
- ход кривых температур в принципе характеризует и теплотехническую эффективность ГЯ.

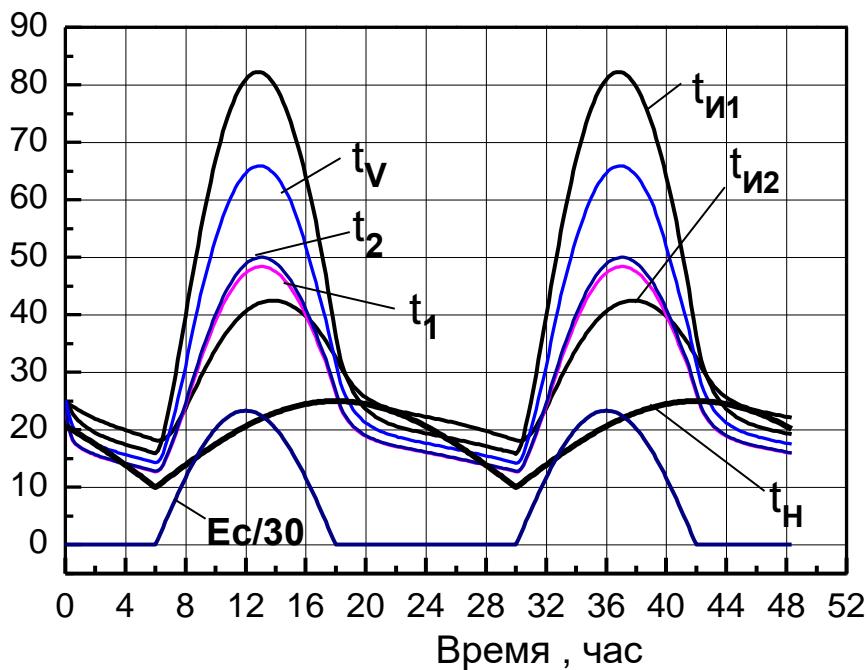


Рис.2. Динамика температур в элементах солнечного «горячего ящика» при переменных во времени E_c и t_H .

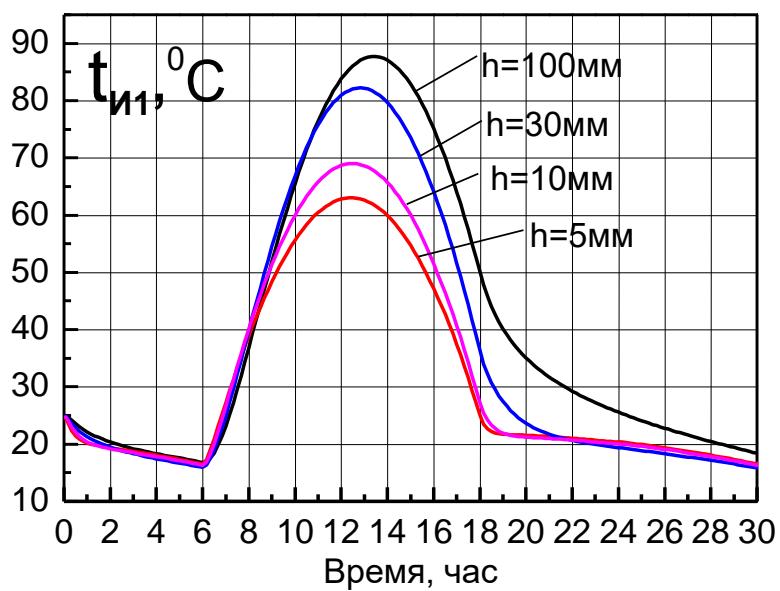


Рис.3. Влияние толщины теплоизоляции h на динамику температур

приемника (поверхность теплоизоляции).

На данной модели, таким образом можно проводить исследование влияния на динамику температур всех других параметров ГЯ, которые в общем и отражены в данной нестационарной модели ГЯ.

Для примера на рис.3. показано влияние на динамику температур такого важного параметра ГЯ, как толщина теплоизоляции h .

Как и ожидалось влияние h довольно существенно – значительно уменьшаются максимальные температуры нагрева (изменяется и время выхода на максимальные температуры). Достаточно заметно изменяется и ход кривых температур.

Причем, что практически интересно, толщина теплоизоляции h проявляется, начиная с температур нагрева выше 48^0C и далее почти до полного их охлаждения. Т.е. можно сделать вывод, что все же, какую-то часть аккумулированного в ГЯ тепла можно снять, однако при заметно меньших температурах.

Список литературы

1. J. A. Duffle and W. A. Beckman, Solar Energy Thermal Processes. Wiley, New York (1974)
2. Анарбаев А.И., Захидов Р.А., Короли М.А. Анализ теплоэффективности зданий с учетом солнечной радиации с использованием метода конечных дифференциалов. Доклад на научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития энергетики» ТГТУ (18-20 декабря 2006 г.)

Информация об авторах:

Бабобеков Акмаль, студент гр. 113М-20 (ТашГТУ), 100002, г. Ташкент, ул. Университетская, 2, anizan6004@umail.uz

Короли Мехрия Анваровна, к.т.н., профессор, ТашГТУ, 100002, г. Ташкент, ул. Университетская, 2, mkoroly@list.ru