

Омаров Р.А., Ахметов Т.Д., Омар Д.Р.

**К ОБОСНОВАНИЮ НОВОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ
ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРА ДЛЯ НАГРЕВА ЖИДКОСТЕЙ**

R.A. Omarov, T.D. Akhmetov, D.R. Omarov

**FOR SPECIFICATIONS OF THE CONSTRUCTIVE SOLUTION SOLAR
COLLECTORS FOR HEATING LIQUIDS**

УДК:636:631.3:621.3

Предложена новая конструкция гелиоколлектора для нагрева воды от солнечной энергии. Целью является повышение КПД. Проведено описание конструкции и работы устройства. Составлено уравнения теплового баланса гелиоколлектора, выведены основные расчетные формулы, проведен их математический анализ. Теоретическими исследованиями доказана эффективность предложенного технического решения в сравнении с известными.

New design of solar collectors for water heating by solar energy. The aim is to increase the efficiency. The description of the construction and operation of the device. Compiled by the heat balance equation solar collectors, we find basic formulas, held their mathematical analysis. Theoretical studies proved the effectiveness of the proposed technical solutions in comparison with the known.

Предлагаемый гелиоколлектор предназначен для нагрева воды от солнечной энергии. Может быть использован например, в сельском хозяйстве, где горячая вода в больших объемах требуется для мойки молочной посуды, шерсти и др.

Гелиоколлектор (ГК) является основным конструктивным узлом солнечного водонагревателя, от эффективности которого зависят технико-экономические показатели всей установки, в том числе: надежность, долговечность. Известные ГК не удовлетворяют требованиям сельского хозяйства не только по стоимости, массогабаритным характеристикам, но и по устойчивости к случайным механическим повреждениям, которые происходят при передислокации по полям и пастбищам.

Для этих целей в Казахском НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства разработан облегченный, транспортабельный, плоский ГК из современных материалов пластиковых материалов с соответствующими теплофизическими характеристиками [1]. Основные элементы - поглощающая панель, светопрозрачное покрытие изготовлены из полигаля, который стоек к воздействию ультрафиолетовых лучей, атмосферных осадков. Благодаря сотовой структуре полигаля, масса ГК (3 кг/м^2) в 3...4 раза меньше массы известных зарубежных ГК. Применение в качестве поглощающей панели светопрозрачного материала позволило повысить КПД реализовать прямое поглощение солнечной энергии нагреваемым теплоносителем, Эффект достигается за счет снижения тепловых потерь в окружающую среду путем выравнивания температурного поля в полости поглощающей панели и внутри гелиоколлектора.

Конструкция нового ГК показана на рисунке 1.

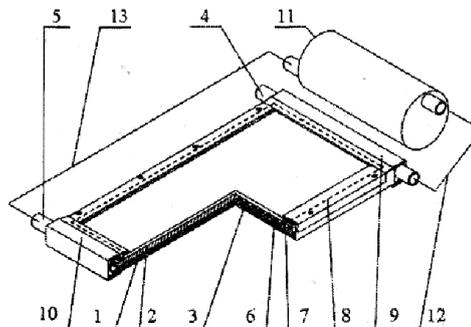


Рис.2 - Схема гелиоколлектора

Основные элементы ГК: корпус 1, поглощающая панель (ПП) из полигаля 2 с продольными внутренними каналами 3 для теплоносителя, верхняя 4 и нижняя 5 коллекторные трубы, состыкованные с противоположными торцами панели. Корпус герметично закрыт сверху светопрозрачным покрытием из полигаля 8, а снизу снабжен теплоизоляцией 7, уложенной под ПП. Выше коллектора устанавливается бак-аккумулятор 11. В процессе работы солнечные лучи проникают через прозрачную теплоизоляцию 8, прозрачную стенку ПП 2, поглощаются теплоносителем, находящимся в продольных каналах 3. Нагреваемый теплоноситель циркулирует по трубам 12 и 13, накапливаясь в баке 11.

Схема ГК в разрезе и расчетная схема тепловых потоков показаны на рисунке 2.

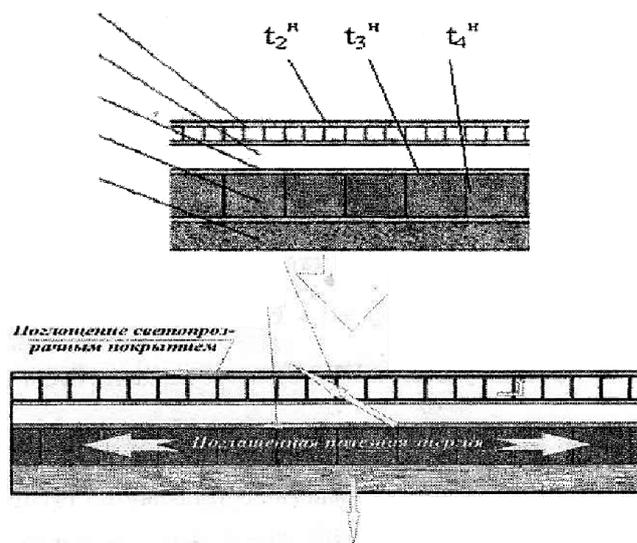


Рис.2 - Схемы поперечного разреза с обозначением расчетных параметров (а) и тепловых потоков ГК (б)
1 - светопрозрачное покрытие; 2 - воздушная прослойка; 3 - световоспринимающая поверхность поглощающей панели (ПП); 4 -

теплоноситель циркулирующий по внутренним каналам ПП; 5 - теплоизоляция с тыльной стенки ПП.

Тепловой баланс ГК можно выразить следующим уравнением:

$$E - Q_0 - Q_1 - Q_2 - Q_3 = c \cdot m \cdot \frac{dt}{d\tau} \quad (1)$$

Здесь: $Q_0... Q_3$ - тепловые потери (отражением и теплопроводностью), показанные на схеме (рисунок 26); c и m - удельная теплоемкость (ккал/кг*град) и масса теплоносителя (кг); t - текущая температура теплоносителя; τ - время, ч.

$$Q_0 = k_0 \cdot E \quad (2)$$

где: k_0 - коэффициент, показывающий долю СЭ, отраженной от поверхности ГК.

$$Q_1 = k_1 \cdot E \cdot (1 - k_0)$$

где: k_1 - коэффициент, показывающий долю СЭ, отраженной от поверхности ПП.

Q_2 и Q_3 - потери тепла от ПП излучением и теплопередачей в окружающую среду. После соответствующих постановок уравнение (1) приводится к следующему виду:

$$E - k_0 E - k_1 E \cdot (1 - k_0) - U_L \cdot (t - t_1) = c \cdot m \cdot \frac{dt}{d\tau}$$

где: U_L - суммарный приведенный коэффициент тепловых потерь.

Решение уравнения (4) позволяет вывести формулу для расчета текущей температуры теплоносителя:

$$t_4 = t_1 + \frac{1}{U_L} \cdot \left\{ E \cdot (k_0 + k_1 - k_0 \cdot k_1) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{U_L \tau}{c \cdot m}\right) \right] \right\} \quad (5)$$

Из полученной формулы видно, что при $\tau=0$, $t_4 = t_1$. То есть в начале процесса температура теплоносителя равна температуре окружающей среды. При $\tau \rightarrow \infty$:

$$t_4 = t_1 + \frac{E(k_0 + k_1 - k_0 k_1)}{U_L} \quad (6)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) является основным показателем, показывающим энергетическую эффективность нового ГК, то есть степень полезного использования падающей на поверхность ГК солнечной энергии. Для нового ГК:

$$\eta_H = \frac{Q_{FOL}^H}{E^H} \quad (7)$$

или

$$\eta_H = \frac{E^H - k_0 \cdot E^H - k_1 \cdot E^H \cdot (1 - k_0) - U_L^H \cdot (t_3 - t_1)}{E^H} \quad (8)$$

После соответствующих математических преобразований выражение (8) приводится к виду:

$$\eta_H = 1 - k_0 - k_1 \cdot (1 - k_0) - \frac{U_L^H}{E^H} \cdot (t_3 - t_1) \quad (9)$$

При равных условиях КПД базового варианта будет иметь аналогичный вид, то есть:

$$\eta_B = 1 - k_0^B - k_1^B \cdot (1 - k_0^B) - \frac{U_L^B}{E^B} \cdot (t_3^B - t_1) \quad (10)$$

Для теоретического обоснования выдвинутой гипотезы воспользуемся методом сравнения КПД нового и базового ГК:

$$\Delta\eta = \eta_H - \eta_B = (k_0^B - k_0) - (k_1 - k_1^B) + (k_0 \cdot k_1 - k_0^B \cdot k_1^B)$$

В соответствии с поставленной гипотезой $\Delta\eta_H$ должно быть положительным. Для выполнения анализа примем соответствующие допущения.

Выделим из сложной задачи конкретный, исследуемый вопрос, каковым является обоснование эффективности изготовления ПП из прозрачно материала. Соответственно, исключим из рассмотрения другие составляющие формулы (11), не оказывающие влияния на рассматриваемый процесс. В частности, примем условие равенства в сравниваемых вариантах:

- коэффициентов отраженной и поглощенной СЭ светопрозрачным покрытием, то есть $k_0 = k_0^B$;

- коэффициентов суммарных тепловых потерь, то есть

$$U_L = U_L^B.$$

- интенсивностей⁽³⁾ солнечной радиации, $E^H = E^B = E$

С учетом принятых допущений выражение (11) существенно упрощается:

$$\Delta\eta = (k_1 - k_1^B) \cdot (k_0 - 1) - \frac{U_L}{E} \cdot (t_3 - t_3^B) > 0 \quad (12)$$

Проведем анализ полученного выражения.

Сравнение будем проводить по двум параметрам, входящим в выражение (12), по: потерям СЭ при ее передаче (прохождении) через стенку ПП, которые характеризуются коэффициентами k_1^B и k_1

- температурам поверхности ПП в новом и базовом вариантах (t_3 и t_3^B).

Как известно, в известных ГК ПП изготавливается из непрозрачного материала (металла) и, для повышения поглощательной способности, покрывается черной краской. В результате СЭ сначала поглощается материалом ПП, которая нагревается и передает тепло теплоносителю.

В новом варианте передача тепла осуществляется по другой схеме. Здесь СЭ напрямую проникает через прозрачную стенку ПП и непосредственно поглощается теплоносителем. То есть $k_1^B > k_1$. Следовательно, $(k_1 - k_1^B) \cdot (k_0 - 1) > 0$, так как $k_0 < 1$.

Известно, что второе слагаемое в (2.29), также положительное число, так как выражение в скобках ($t_3 - t_3^B$) имеет отрицательное значение, ввиду того что $t_3^B > t_3$. Следовательно, перед вторым слагаемым выражение (12)

знак будет плюс. Соответственно, выражение (12) будет положительным числом, то есть $\Delta\eta > 0$, что и следовало доказать.

Таким образом, теоретические исследования подтвердили первоначальную гипотезу об эффективности нового конструктивного решения ГК. Количественный значения КПД можно оценить экспериментальными лабораторными исследованиями, создав модели нового и базового ГК.

Литература:

1. Инновационный патент РК № 23565, МПК F24J2/24. Коллектор солнечной энергии для нагрева жидкостей / Омаров Р.А., Байболов А.Е., Ахметов Т.Д.; патентообладатель и заявитель Казахский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства. Заявл. 26.02.2010 г.

Рецензент: д.т.н., профессор Осмонов Ы.Дж.