

Ismanzhanov A.I., Satkulov T.T.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПТЕРЬ СОЛНЕЧНОГО ТРУБЧАТОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА С ВАКУУМИРОВАННЫМ ПРОЗРАЧНЫМ ОГРАЖДЕНИЕМ

Приведены результаты теоретических исследований величин конвективных тепло потерь, тепло потерь излучением и суммарных тепло потерь от поверхности солнечного трубчатого водонагревательного коллектора с вакуумированным прозрачным ограждением (СТВК). Установлено, что величина тепло потерь от СТВК существенно меньше тепло потерь от поверхностей плоских солнечных водонагревательных коллекторов благодаря хороших теплоизоляционных свойств вакуумированного пространства и КПД СТВК может достичь 63,2%.

THE SEARCH OF HEAT LOSS OF THE SOLAR TUBE WATER HEATER COLLECTOR WITH VACUUM TRANSPARENT PROTECTION

Carried out the results of theoretical research of value of the convective and radiation heat losses and summer heat loss from the surface of solar tube water heater collector with vacuum transparent protection (STWHC). Established, that the value of heat loss from (solar tube water heater collector) less heat loss from surface flat solar tube water heater collector with the help of good heat insulation quality vacuum space and efficiency STWHC may reach 63,2%.

В работах [1,2] описан разработанный нами солнечный трубчатый водонагревательный коллектор (СТВК) с улучшенным вакуумированным прозрачным ограждением (ПО). ПО состоит из внутреннего (ПО₁) и внешнего

(ПО₂) стеклянных трубок диаметрами 21,6 и 42,6 мм. Толщина стенок трубок равен 1 мм.

В работе [3] приведены результаты исследования температурного режима конструктивных элементов СТБК.

В данной работе приведены результаты расчетных исследований тепло потерь СТБК в зависимости от параметров нагреваемой воды и окружающей среды.

В расчетах расход нагреваемой воды бралось постоянным и равным 0,2л/мин.

От внешней стенки ПО₂ тепло потери в окружающую среду происходят конвекцией и излучением.

Как известно, характер конвективного теплообмена между внешней стенкой ПО₂ и окружающим воздухом зависит от характера движения воздуха вблизи стенки [4-6].

Для выяснения этого рассчитаем критерий Рейнольдса [7]:

$$Re_{ж} = v d/\nu \quad (1)$$

где v - скорость движения воздуха вокруг СТБК, d – диаметр ПО₂ и ν - кинематический коэффициент вязкости воздуха при рассматриваемой температуре (30°C)

Для нашего случая $v = 0,1$ м/с, $d = 41,6$ мм, $\nu = 16,00 \times 10^{-6}$ Н/м².

Расчеты показывают, что $Re = 260,0$.

Следовательно, коэффициент конвективного теплообмена между стенкой ПО₂ и воздухом может быть определен по выражению [4,5]:

$$Nu_{ж} = 0,49 Re_{ж}^{0,50} \quad (2)$$

Расчеты показывают, что $Nu_{ж} = 7,89$.

Отсюда определяем коэффициент конвективного теплообмена α [4]:

$$\alpha = Nu \lambda/d \quad (3)$$

где λ – коэффициент теплопроводности воздуха (при температуре 30°C) и $\lambda = 2,76 \times 10^{-2}$ Вт/м град [8].

Расчеты показывают, что $\alpha = 5,23$ Вт/м² град.

Определяем величину конвективных теплопотерь для случая свободного конвекции воздуха вокруг цилиндрической стенки ПО₂ по формуле /4/:

$$Q = F \alpha (t_2 - t_1) \quad (4)$$

Где F- площадь поверхности ПО₂ (площадь теплообмена, равна 0,15 м²), t₂- температура стенки ПО₂ (равна 35,8°С, t₁ – температура окружающего воздуха (30°С).

Расчеты показывают, что Q = 4,52 Вт.

Находим величину теплопотерь излучением от внешней стенки ПО₂ в окружающую среду. Воспользуемся выражением для теплообмена между двумя телами, не имеющих вогнутостей и находящихся одно внутри другого, так как ПО₂ СТБК находится внутри воздуха /9/:

$$Q_{и} = \epsilon_{пр} C_0 F_1 [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \quad (5)$$

при этом

$$\epsilon_{пр} = 1 / [1/\epsilon_1 + F_1/F_2(1/\epsilon_2 - 1)] \quad (6)$$

где $\epsilon_1 = 0,937$ – степень черноты стекла и $\epsilon_2 = 0,90$ степень черноты неба (воздуха) /6/.

В качестве температуры T₂ берем радиационную температуру неба: T₂=t^r = 30°С – 6°С = 24°С, /1/.

Расчеты показывают, что $\epsilon_{пр} = 0,86$.

Расчеты дают для Q_и = 7,41 Вт.

Следовательно, в разработанном СТБК тепло потери излучением в 1,63 раза превышают конвективные тепло потери в окружающую среду.

Тогда суммарные тепло потери СТБК:

$$Q_{пот} = Q_k + Q_{и} \quad (7)$$

составляют 11,93 Вт.

Расчеты показывают, что площадь приема солнечной радиации СТБК с концентратором составляет 0,045 м² (при диаметре концентратора 39,6 мм, и длине СТБК 1,15м).

Тогда поглощенная теплоприемником СТБК излучение составит 32,4 Вт (при плотности суммарной солнечной радиации 800 Вт/м², коэффициенте поглощения теплоприемника 0,9).

Тогда полезную энергию, превращенную в тепловую энергию нагреваемой воды можно определить, как разность полученной СТБК энергии и суммарных тепло потерь:

$$Q_{\text{пол}} = Q - Q_{\text{пот}} \quad (8)$$

что составляет 20,47 Вт.

Тогда КПД СТБК η составляет $\eta = 63,2\%$.

Это значение КПД несколько больше, чем КПД, установленного по результатам экспериментальных исследований СТБК – 58% [3]. Расхождение между ними составляет 7,9%, что можно считать удовлетворительным.

Это расхождение объясняется многопараметричностью рассматриваемой задачи и невозможностью точно учесть все факторы, влияющие на КПД СТБК.

Нами исследовано расчетным путем изменение конвективных потерь, потерь излучением и суммарных тепло потерь в зависимости от температуры внешней стенки ПО2 и температуры окружающей среды. На рис. 1 приведены значения конвективных потерь и потерь излучением. По оси абсцисс отложены значения разности температур стенки ПО2 и окружающей среды.

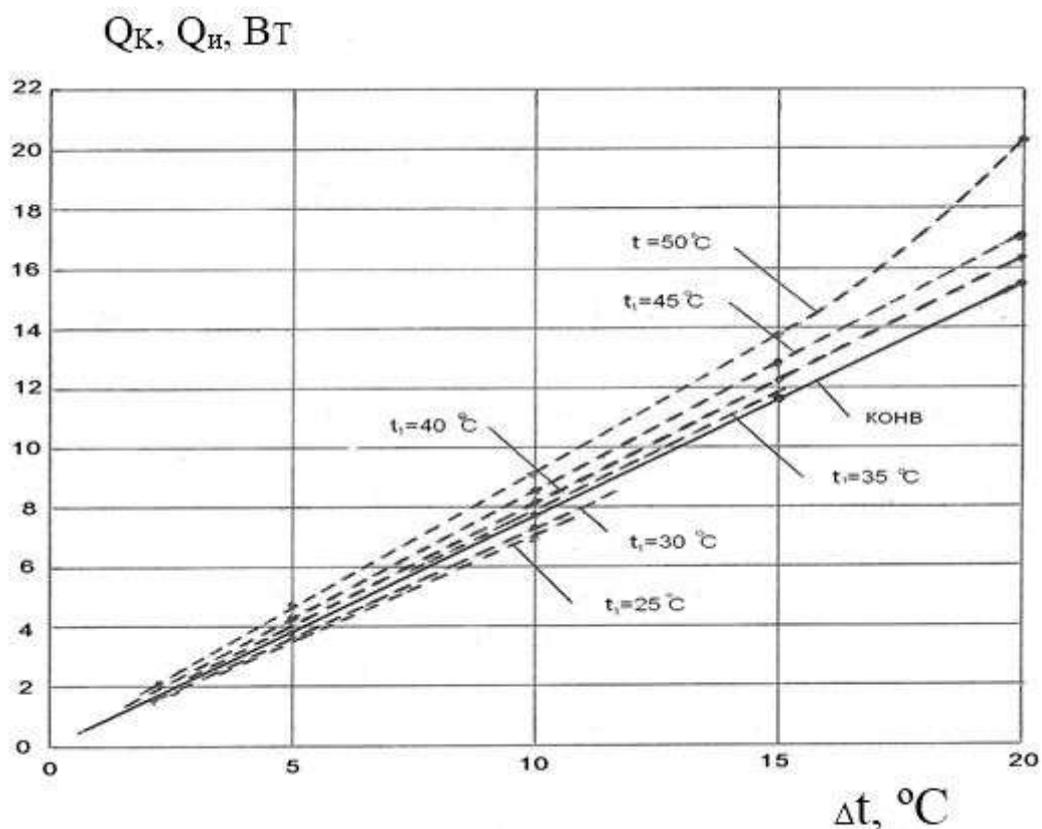


Рис. 1. Зависимость тепло потерь СТБК конвекцией (сплошные линии) и излучением (пунктирные линии) от температуры стенки ПО2 и окружающего воздуха

Как видно из рисунка, чем выше температура стенки ПО2, тем больше тепло потери как конвекцией, так и излучением. Величина конвективных тепло потерь зависит только от разности температур стенки ПО2 и окружающего воздуха. Это является следствием того, что теплотехнические и гидродинамические параметры воздуха в рассматриваемых пределах температур существенно не меняются. Однако, величина тепло потерь излучением зависит как от разности температур стенки ПО2 и окружающего воздуха, так и от абсолютного значения температуры стенки ПО2. Это является следствием того, что в формуле (5) температуры T_1 и T_2 входят в четвертой степени (в соответствии с законом Стефана-Больцмана).

На рис. 2 приведены суммарные тепло потери от ПО2 в окружающую среду.

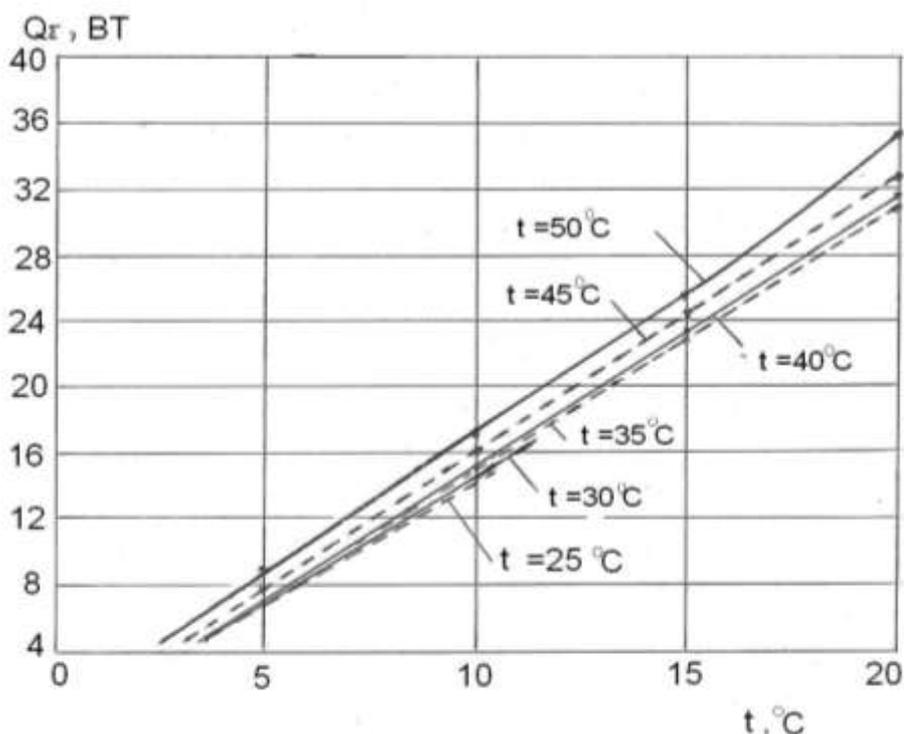


Рис. 2. Зависимость суммарных тепло потерь СТБК от температуры стенки ПО2 и температуры окружающего воздуха

Эксперименты показывают, что температура стенки ПО2 может достичь порядка 50°C и больше, если СТБК облучается концентрированным потоком солнечной радиации, т.е. работает в паре с параболоцилиндрическим концентратором. При работе под естественной плотностью солнечной радиации температура наружной стенки ПО2 не превышает 34-35°C.

Расчеты показывают, что увеличение температуры приемной поверхности СТБК в процессе работы в результате повышения плотности солнечного излучения или изменения температуры окружающего воздуха из-за хороших теплоизоляционных свойств ПО тепло потери СТБК существенно не меняются (рис. 2).

Как видно из рисунка, температура при прохождении через ПО сильно уменьшается и не приводит к существенному изменению тепло потерь СТБК

Литература:

1. Солнечный водонагревательный коллектор [Текст]. Свидетельство на полезную модель КР № 45 / А.И. Исманжанов и др. – Бюлл. изобр. – 2001. - № 2.
2. Разработка солнечного водонагревательного коллектора из альтернативных материалов [Текст] / А.И. Исманжанов и др. // Наука. Образование. Техника. – 2007. - № 4. – С. 106-108.
3. **Исманжанов А.И.** Исследование температурного режима элементов солнечного трубчатого водонагревательного коллектора с вакуумированным прозрачным ограждением [Текст] / А.И. Исманжанов, Т.Т. Саткулов // Наука. Образование. Техника. – Ош, 2013. - № 1.
4. **Михеев М.А.** Основы теплопередачи [Текст] / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М.: Энергия, 1973. – 319 с.
5. **Краснощеков Е.А.** Задачник по теплопередаче [Текст] / Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел. – М-Л.: 1963. – 223 с.
6. **Кутателадзе С.С.** Теплопередача и гидродинамическое сопротивление [Текст]: справочное пособие / С.С. Кутателадзе. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
7. **Чугуев Р.Р.** Гидравлика [Текст]. Учебник для вузов / Р.Р. Чугуев. – Л.: Энергия, 1975. – 600 с.
8. Тепло- и массообмен [Текст]. Теплотехнический эксперимент. Справочник / Е.В. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев и др.; Под общ. Ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 512 с.
9. **Исаченко В.П.** Теплопередача [Текст] / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергия, 1975. – 486 с.
10. **Расаходжаев Б.С.** Разработка солнечных водонагревательных установок на основе грунтовых коллекторов и исследование их эксплуатационных характеристик: дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.14.08 / Б.С. Расаходжаев. – Ош, 2011. – 153 с.