

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАСКАДНОЙ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ СИФОННОГО ТИПА

Амонулов А.Р.

Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АНРТ

**Ключевые слова:** каскадный сифон, время истечения теплоносителя, гидравлическое сопротивление.

С учётом описания работы системы можно видеть, что на эффективность работы каскадной сифонной солнечной установки оказывает влияние ряд факторов, таких как: интенсивность солнечной радиации, температура окружающей среды, геометрические параметры солнечного сифонного коллектора, теплофизические параметры абсорбера и температура теплоносителя, материал элементов, а так же другие факторы, влияющие на окончательную температуру и режим работы системы: такие как время истечения жидкости  $\tau = f(d, H, G_0)$  геометрические и гидравлические параметры трубопровода  $B = f(d, R, H)$  температура жидкости в солнечном коллекторе  $t = f(F, I, V, P, m)$  и температура жидкости в баке – аккумуляторе  $t_{ба} = f(d, h, V)$  и установки каскадный сифон.

Для того, чтобы каскадный солнечный коллектор с сифоном работая с максимальной эффективностью, необходимо обеспечить определенное соотношение геометрических и гидравлических параметров сифона, бака-дозатора, с геометрическими параметрами коллектора, а также установить рациональное истечение теплоносителя из солнечного коллектора.

Определим влияние геометрических и гидравлических параметров, а также температуру теплоносителя на время заполнения и истечения жидкости через каскадный солнечный сифон.

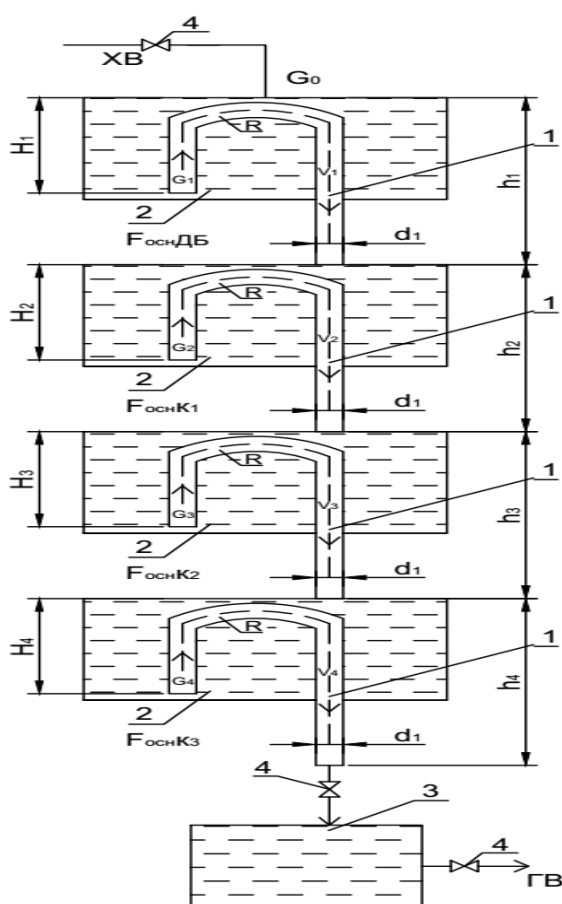
Для решения задачи, рассмотрим расчетную модель, которая приведена на рис. 1.

Исходные расчетные данные принятой модели:

$H$  - напор жидкости, м;  $h$  - длина трубопровода до начала колена (высота сифона), м;  $d$  - диаметр сифона, м;  $F_{осн.}$  - площадь основания дозаторного бака, м<sup>2</sup>;  $v$  - скорость движения жидкости, м/с;  $V$  - объем бака дозатора, м<sup>3</sup>;  $G$  - расход жидкости в дозаторном баке, м<sup>3</sup>/с.

В каскадной солнечной модели, площадь дозаторного бака, солнечный коллектор и диаметр трубы сифона, а также напор жидкости одинаковы. В прочем,

время истечения жидкости в каскадный сифон соответствует закону «Альтшуля», в зависимости от температуры жидкости.



**Рис 1. Расчетная физическая модель каскадной солнечной коллектора сифонного типа: 1- сифон бака дозатора; 2-бак дозатора и коллектор; 3- аккумуляторный бак; 4-трубопровод с вентилем для холодной и горячей воды.**

Поэтому, нужно определять время истечения жидкости, в зависимости от температуры в каждой ступени сифона.

Объем жидкости в дозаторном баке может быть вычислен как:

$$V = F \cdot H, (1)$$

Где  $F$  - площадь основания дозаторного бака,  $m^2$ ;

$H$  - напор жидкости,  $m$ .

При этом время заполнения бака  $\tau_1$  определяется следующим образом:

$$\tau_1 = \frac{V}{G} (2)$$

Где  $V$  - объем жидкости в дозаторном баке,  $m^3$ ;

$G$  - расход жидкости,  $m^3/c$ .

Определим время истечения теплоносителя через сифон, которое в общем случае является функцией напора  $H$ , диаметра трубопровода  $d$ , и расхода через сифон  $G_0$ .

$$\tau_2 = f(d, H, G_0) (3)$$

В общем виде, время истечения жидкости через сифон, может быть определен как:

$$\tau_2 = \frac{V}{G_1} (4)$$

Где  $G_1$  - расход жидкости через сифон,  $m^3/c$ .

В свою очередь расход может быть представлен как:

$$G_1 = v \cdot f (5)$$

Где  $v$  - скорость жидкости,  $m/c$ ;

$f$  — площадь поперечного сечения,  $m^2$ .

Вычисляем площадь поперечного сечения сифона  $f$  как:

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4}; (6)$$

Где  $d$  — диаметр трубы,  $m$ .

А величину скорости истечения жидкости  $v$  определим из условия свободного истечения воды из сосуда. Тогда:

$$v = \sqrt{2g \cdot H}, (7)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;  $H$  - напор,  $m$ .

С учетом (7), (6), (5) и (4) выражение (3) примет вид:

$$\tau_2 = \frac{F \cdot H}{\sqrt{2g \cdot H} \pi d^2 / 4}, (8)$$

Как известно, при истечении жидкости через сифон, имеют место потери напора  $H_{пот}$ , складывающиеся из потерь на трение  $h_{тр}$  в трубопроводе и потерь за счет местных сопротивлений  $h_k$  (потери в колене):

$$H_{пот} = h_{тр} + h_k, (9)$$

Где  $h_{тр}$  - потери по длине трубы;

$h_k$  - потери в колене.

Потери напора на трение круглых труб определяются по известной формуле Дарси-Вейсбаха /5/:

$$h_{тр} = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, (10)$$

Где  $L$  - длина трубопровода, в нашем случае она соответственно равна  $L = H + h$  ;

$\lambda$  - коэффициент гидравлического трения при турбулентном течении жидкости;

$$\lambda = 0.11 \cdot \left( \frac{K_э}{d} + \frac{68}{R_e} \right)^{0.25} (11)$$

Где  $K_э$  –коэффициент абсолютный эквивалентной шероховатости;

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} \text{ - число Рейнольдса для труб круглого сечения;}$$

$$\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} \text{ - кинематическая вязкость воды.}$$

Потери напора в колене происходят из-за изменения направления движения жидкости и определяются по формуле:

$$h_k = \xi \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (12)$$

где  $\xi$  – безразмерный коэффициент местного сопротивления. При повороте трубы на  $90^\circ$  определяется по формуле Альтшуля [5,28]:

$$\xi_{90^\circ} = [0.2 + 0.001(100 \cdot \lambda)^8] \cdot \sqrt{d/R}, \quad (13)$$

$R=d/4$  - гидравлический радиус для круглых труб, при повороте на любой угол принимает вид:

$$\xi = \xi_{90^\circ} \cdot a, \quad (14)$$

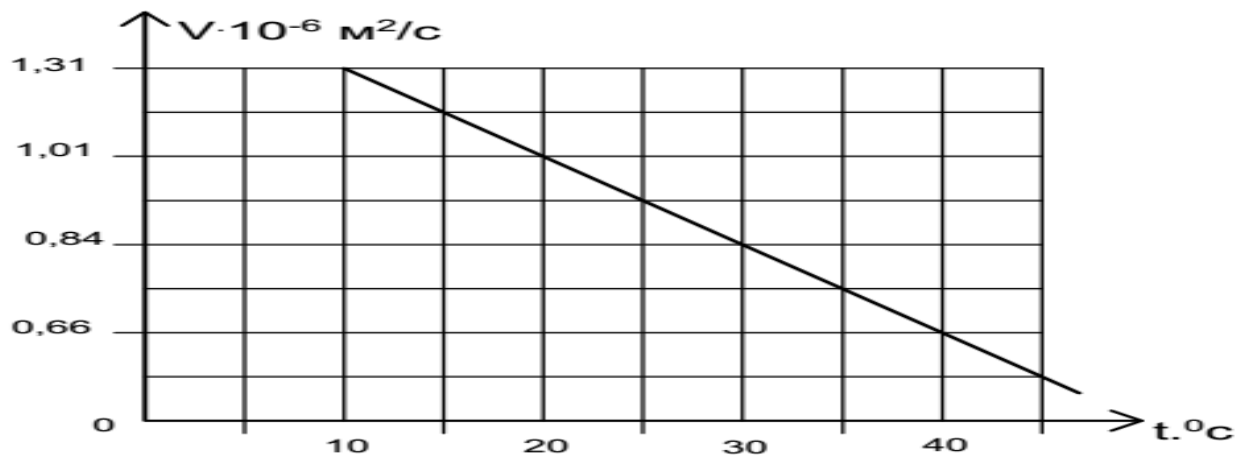
где  $a$  - коэффициент, зависящий от угла поворота,  $a = 1,33 / 104,105$ .

Соответствие практического расчета и теоретического анализа, определяющих, что время истечения жидкости через каскадный солнечный коллектор сифонного типа зависит от степени повышения температуры теплоносителя, которая приведена на рис 2.

А также, полученные зависимости позволяют проследить взаимосвязь времени истечения теплоносителя через сифон, в зависимости от величины напора сифон  $H$  и его геометрического параметра (площади поперечного сечения сифона). На рис. 3 и 4 представлены диаграммы этих зависимостей.

Где показано, что интенсивное падение времени истечения тем больше, чем больше поперечное сечение трубы сифона.

Также можно видеть, что с увеличением напора сифона увеличивается время истечения. Это можно объяснить тем, что при увеличении напора возрастает гидравлическое сопротивление (на трение и местное сопротивление) сифона, что приводит к уменьшению скорости движения жидкости.



**Рис 2. Зависимость время истечения теплоносителя от повышения температуры в каскадном солнечном коллекторе.**

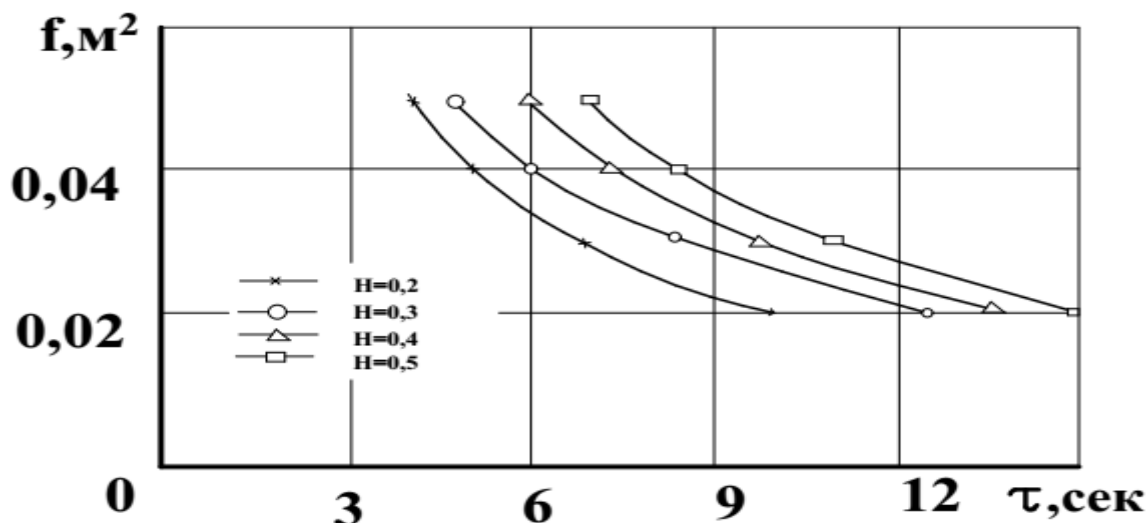


Рис.3 Зависимость поперечного сечения трубы от времени истечения жидкости при различных значениях напора.

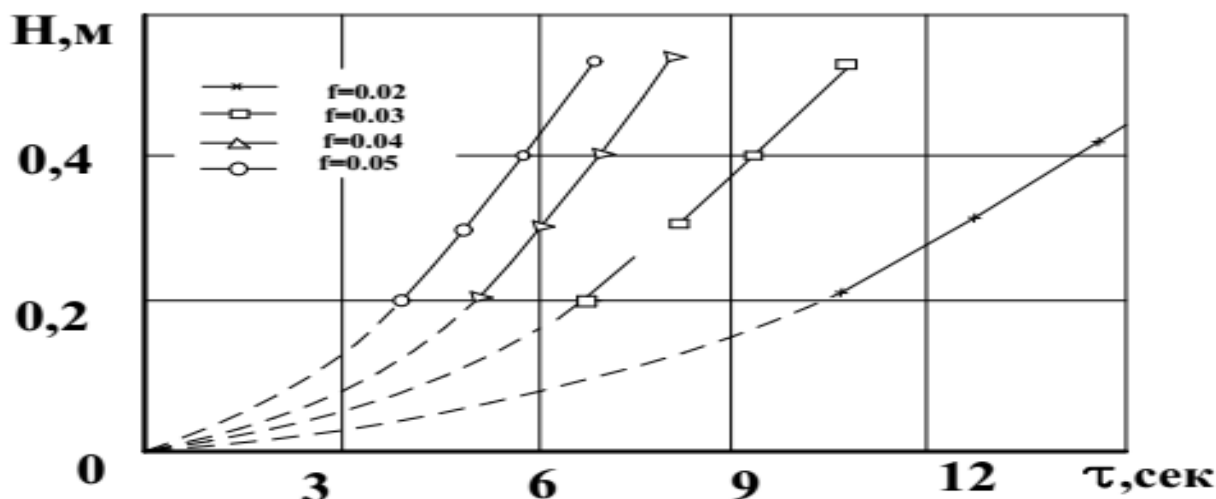


Рис. 4 Зависимость напора от времени истечения жидкости при различных значениях поперечного сечения трубы

**Вывод:** Таким образом, из полученных результатов, сделаны следующие выводы:

- проведенные исследования позволяют подтвердить жизнеспособность предлагаемой каскадной солнечной установки сифонного типа для горячего водоснабжения с использованием коллектора;
- Впервые установлена зависимость, определяющая время истечения, в зависимости от геометрических параметров солнечного коллектора;
- Разработана методика расчета и выбора параметров солнечного коллектора;
- Вскрыта взаимосвязь времени истечения жидкостью из солнечного коллектора и бака дозатора;
- Установлено, что существенное значение на расход теплоносителя оказывает местное гидравлическое сопротивление и трение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшуль А.Д. и др. Гидравлика и аэродинамика. - М.: Стройиздат, 1987.
2. Егорушкин В.Е. и др. Основы гидравлики и теплотехники. - М.: Машиностроение, 1981.
3. Усаковский В.М. Возобновляющиеся источники энергии. - М.: Россельхозиздат, 1986. -121с.
4. Установки солнечного горячего водоснабжения /Нормы проектирования. ВС11 52-86. - М.: Гос I раж да не гро Л, 1988. -28с.
5. Даффи Дж, Бекман У. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии, /пер. с англ. - М.: Мир, 1977. -372с.
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. - М.: Энергия, 1969. -434с.
7. Крейт Ф., Блек У. Основы теплопередачи. - М.: Мир, 1983. -512с.

8. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. - М • Высшая школа, 1980, -469с.
9. Скалкин Ф.В. и др. Энергетика и окружающая среда. - Л.: Энергоиздат, 1981.-280с.
10. Уделл Свен. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии. -М.: Знание, 1980. -85с.

#### АННОТАЦИЯ

### УСУЛИ МУАЙЯНКУНИИ ПАРАМЕТРҲОИ ГЕОМЕТРӢ ВА ГИДРАВЛИКИИ СИЛСИЛА ДАСТГОҲИ ОФТОБИИ НАВӢЙ СИФОНӢ

Дар ин мақолаи зикршуда масъалаи ҳисоб ва интихоби параметрҳои геометрии ва гидравликии силсила дастгоҳи офтобии навъи сифонӣ барои таъмини оби гарм дида шудааст. Барои он, ки силсила коллектори офтобии навъи сифонӣ бо самараи хеле баланд кор кунад, зарур мебояд таъмини муайянкунии алокаи параметри геометрии ва гидравликии сифон, зарфи ченкунанда бо параметри геометрии коллектор, инчунин ҷӯркунии беҳтарини ҷоришавии гармибар аз коллектори офтобӣ.

*Калимаҳои асосӣ:* силсила сифон, вақти ҷоришавии гармибар, муқовиматҳои гидравликӣ.

#### ANNOTATION

### METHOD FOR DETERMINING THE GEOMETRIC AND HYDRAULIC PARAMETERS OF CASCADE SIPHON TYPE OF SOLAR INSTALLATION

In this article the authors discuss the task of calculating and selecting the geometric and hydraulic parameters of cascade siphon type solar installation for the needs of hot water supply. In order for a cascade solar collector with a siphon to work with maximum efficiency, it is necessary to ensure a certain ratio of the geometric and hydraulic parameters of the siphon, the metering tank, with the geometric parameters of the collector, as well as to establish a rational flow of coolant from the solar collector.

*Keywords:* cascade siphon, coolant flow time, hydraulic resistance.

#### Сведения об авторе:

Амонулов Азизуло Резмонович преподаватель кафедры сети и системы Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии АНРТ. Адрес: 715362, Таджикистан, район Кушониен. ул. им. Н. Хусрав  
E-mail: [aar.9191@mail.ru](mailto:aar.9191@mail.ru) Телефон: (+992) 551700080