

Расчетные зависимости для проектирования энергоэффективной самодренируемой гелиоустановки с активным элементом

Рашидов Ю. К.^{1,2}, Суръатов Х. Т.¹, Маматов М. М.¹

¹Ташкентский архитектурно-строительный институт

²Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз

Ташкент, Республика Узбекистан

Получены расчетные зависимости для проектирования энергоэффективной самодренируемой гелиоустановки (СДГ) с активным элементом (АЭ). Проанализированы переходные режимы работы СДГ. Показано, что возможны два устойчивых режима работы СДГ: с разрывом и без разрыва струи. Установлено, что оба этих режима сливаются, при расходе теплоносителя равных критическому значению, для которого определена степень сужения потока в трубе Вентури, и различаются при его значениях больших критического.

В последние годы возрастает интерес к применению самодренируемых гелиоустановок (СДГ) для защиты солнечного коллектора (СК) от разрушения из-за замерзания в нем теплоносителя зимой или его вскипания и чрезмерного повышения давления в режиме стагнации (при остановке циркуляционного насоса) летом.

Мировой и российский опыт разработки и сооружения СДГ рассмотрен в работе [1]. Вопросы повышения энергоэффективности СДГ путем сокращения затрат электроэнергии на циркуляцию теплоносителя, а также надежности и тепловой эффективности их работы за счет применения активного элемента (АЭ) в виде сужающего устройства – трубы Вентури – приведены в работах в [2–3].

Цель настоящей работы – выявить расчетные зависимости для проектирования энергоэффективных самодренируемых гелиоустановок с активными элементами.

Рассмотрим в сравнении особенности работы обычной СДГ (рис., а) и СДГ с АЭ в виде трубы Вентури (рис., б), которая выполняет в СДГ роль физического триггера [4].

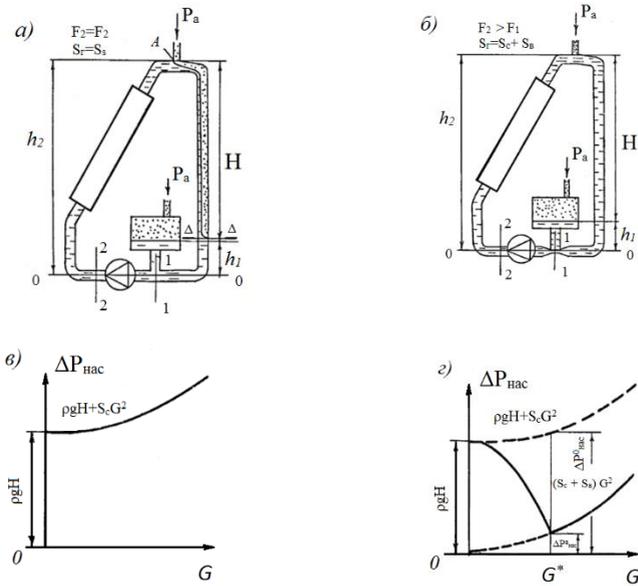


Рис. Расчетная схема и характеристики сети самодрипируемой гелиоустановки:
a, в – обычной; *б, г* – с трубой Вентури

Полученная для этого случая система уравнений, описывающая переходные процессы в СДГ, имеет вид [2]

$$\Delta p_{\text{нас}}^B = \begin{cases} \rho g H - (\alpha_1 F_1^{-2} - \alpha_2 F_2^{-2}) G^2 (2\rho)^{-1} + (S_c + S_B) G^2 & G \leq G^* \\ (S_c + S_B) G^2 & G \geq G^* \end{cases} \quad (1)$$

где

$$G = \rho F_2 W_2 = \rho F_1 W_1; S_c = A_c \left(\frac{\lambda}{D} l + \sum \zeta_c \right) = A_c \zeta_{\text{прп}}; S_B = A_B \zeta_B;$$

$$A_c = \frac{16}{2\rho\pi^2 D^4}; A_B = \frac{16}{2\rho\pi^2 d^4}; F_1 = \frac{\pi d^2}{2}; F_2 = \frac{\pi D^2}{2};$$

D, d – диаметр широкого и узкого сечения трубы Вентури, м; F_1, F_2 – площади поперечного сечения широкого и узкого сечения трубы Вентури, м²; G – массовый расход теплоносителя, кг/с; G^* – критический массовый рас-

ход теплоносителя, кг/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – высота гелиоустановки, м; h – геометрическая высота, м; l – длина гелиоконтур, м; p – давление, Па; S_c , S_B – характеристики сопротивления сети гелиоконтур и трубы Вентури, соответственно, Па/(кг/с)²; α – коэффициент Кориолиса; ρ – плотность, кг/м³; ζ – коэффициент местного сопротивления; B – Вентури; $г$ – гелиоконтур; $нас$ – насос; $прг$ – приведенный гелиоконтур; $с$ – сеть; 1, 2 – номера сечений; * – критический.

Формула (1) позволяет рассчитать необходимый перепад давления, который должен развивать циркуляционный насос в СДГ с трубой Вентури.

Для обычной СДГ без сужающего устройства площади поперечного сечения широкого и узкого сечения трубы Вентури $F_1 = F_2$ и $S_B = 0$, соответственно, поэтому уравнение (1) принимает вид

$$\Delta p_{нас}^0 = \rho g H + S_c G^2.$$

Характеристика сети такой СДГ показана на рис., *в*. Видно, что из-за разрыва струи в точке A , насос осуществляет в нем циркуляцию с подъемом жидкости на высоту H .

В СДГ с трубой Вентури, согласно уравнению (1), кривая характеристики сети (рис., *з*) после первоначального подъема жидкости на высоту H сначала монотонно убывает с ростом расхода G , а затем, достигнув минимума при расчетном (критическом) расходе G^* , для которого определена степень сужения потока в трубе Вентури D/d , монотонно возрастает.

Такая особенность характеристики сети СДГ с трубой Вентури объясняется тем, что при расходах $G < G^*$ циркуляция воды в ней осуществляется также с разрывом струи в точке A (рис., *а*). Однако в отличие от обычной СДГ из-за увеличения динамического давления в горловине трубы Вентури уровень Δ – Δ заполнения обратного трубопровода в ней непрерывно поднимается с увеличением расхода. При этом выигрыш в гидростатическом давлении опережает рост гидравлических потерь, обусловленных включением в контур трубы Вентури, благодаря чему кривая характеристики падает.

При $G = G^*$ гелиоконтур полностью замыкается и увеличение расхода уже не сопровождается с выигрышем гидростатического давления. С этого момента кривая характеристики поднимается, так как гидравлические потери в контуре возрастают пропорционально расходу.

Требуемая степень сужения потока в трубе Вентури определяется из условия минимального перепада давления в СДГ

$$\rho g H - \left(\frac{\alpha_1}{F_1^2} - \frac{\alpha_2}{F_2^2} \right) \frac{G^{*2}}{2\rho} = 0,$$

откуда с учетом зависимостей (2), находим

$$\frac{D}{d} = \sqrt[4]{\frac{\alpha_2}{\alpha_1} \left(1 + \frac{2gH}{\alpha_2 W_2^{*2}} \right)}$$

или, пренебрегая неравномерностью потока по сечению трубы Вентури ($\alpha_1 = \alpha_2 = 1$), имеем

$$\frac{D}{d} = \sqrt[4]{1 + \frac{2gH}{W_2^{*2}}}.$$

Соотношение диаметров трубы Вентури D/d при известной геометрической высоте СДГ H определяется при допустимых скоростях движения теплоносителя в трубопроводах систем теплоснабжения $W^* = 1-1,5$ м/с [5]. Полученные зависимости могут быть использованы при проектировании и расчете энергоэффективных самодренируемых гелиоустановок с активными элементами.

Таким образом, получены расчетные зависимости для проектирования энергоэффективных СДГ с АЭ. Проанализированы переходные режимы работы СДГ. Показано, что возможны два устойчивых режима работы СДГ: с разрывом и без разрыва струи. Установлено, что оба этих режима сливаются при расходе теплоносителя равном критическому значению, для которого определена степень сужения потока в трубе Вентури, и различаются при его значениях больших критического.

Литература

1. Бутузов, В. А. Самодренируемые гелиоустановки: мировой и российский опыт разработки и сооружения / В. А. Бутузов, В. В. Бутузов, Е. В. Брянцева, И. С. Гнатюк // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2017. – № 2. – С. 54–57.
2. Рашидов, Ю. К. Повышение надежности и эффективности самодренируемых водяных систем солнечного теплоснабжения / Ю. К. Рашидов,

Ш. Ю. Султанова, Х. Т. Суръатов // Гелиотехника. – 2017. – № 1. – С. 30–37.

3. Рашидов, Ю. К. Расчет гидродинамических характеристик активного элемента самодренлируемого гелиоконтра отопительной системы // Гелиотехника. – 2017. – № 2. – С. 24–29.

4. Рашидов, Ю. К. Саморегулирующиеся активные элементы для водяных систем солнечного теплоснабжения / Ю. К. Рашидов // Архитектура. Строительство. Дизайн. – 2013. – № 4. – С. 50–55.

5. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Е. Я. Соколов. – М.: МЭИ, 2001. – 472 с.

УДК 692.231.3

Особенности проектирования вентилируемых фасадных систем теплоизоляции в конструкциях наружных стен зданий

Крутилин А. Б.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Приведены результаты теплотехнических исследований наружных стен с вентилируемыми фасадными системами утепления. Предложены решения, позволяющие улучшить теплозащитные характеристики наружных стен с вентилируемыми фасадными системами утепления.

Существующий нормативный уровень теплозащиты наружных стен в многоэтажном строительстве диктует использование эффективных теплоизоляционных материалов. Конструкции наружных стен в подавляющем большинстве – многослойные. Первоочередными требованиями к ним являются: долговечность, удовлетворительный влажностный режим и обеспечение нормируемого уровня теплозащиты в совокупности с уменьшением их толщины. Использование вентилируемых фасадных систем (ВФС) утепления в конструкциях наружных стен позволяет обеспечить удаление влаги в начальный период эксплуатации (в течение 1–3 лет, в зависимости от конструкции). Вентилируемая воздушная прослойка (ВВП) обеспечивает лучший влажностный режим наружных стен с ВФС в сравнении с легкими штукатурными системами утепления и др. конструкциями. В тоже время в у ВФС утепления есть свои минусы – это, как правило, низкие коэффициенты теплотехнической однородности вследствие значительного влияния кронштейнов крепления защитного экрана на величину приведенного сопротивления теплопередаче.