

Технологические решения для повышения эффективности работы солнечных водонагревательных установок в системах теплоснабжения

Слесаренко Илья Вячеславович, аспирант
Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток)

Введение. Для повышения эффективности работы системы теплоснабжения, оснащенной солнечной водонагревательной установкой (СВНУ), рассмотрены различные варианты применения комбинированных гелиоустановок для обеспечения горячего водоснабжения промышленных и социальных объектов. На основе выполненного анализа структуры действующих СВНУ и моделирования тепловых процессов, предложены возможные технологические решения для модернизации экспериментальной СВНУ. При оптимизации схемы исследуемой установки определены необходимые изменения гидравлической, электрической систем и предложены решения для внедрения комплекса КИП и автоматики, обеспечивающих работу СВНУ на оптимальных режимах.

Цель исследования. Для повышения эффективности работы экспериментальной СВНУ в системе теплоснаб-

жения выполнена оптимизация структуры гелиоустановки, схем которой приведена на рисунке 1. Типичная СВНУ в климатических условиях РФ имеет обычно три контура, работающие на разных теплоносителях [2]. Первый контур, включающий солнечные коллекторы и теплообменник, размещенный в помещении теплого пункта, выполнен из медных труб и заполнен незамерзающим теплоносителем. Максимальная температура теплоносителя в первом контуре может составлять до 105°C. Второй циркуляционный контур необходим для передачи теплоты высокого потенциала баку-аккумулятору с непосредственным теплоносителем. Циркуляционные контуры оборудованы циркуляционными насосами для обеспечения требуемого расхода теплоносителя.

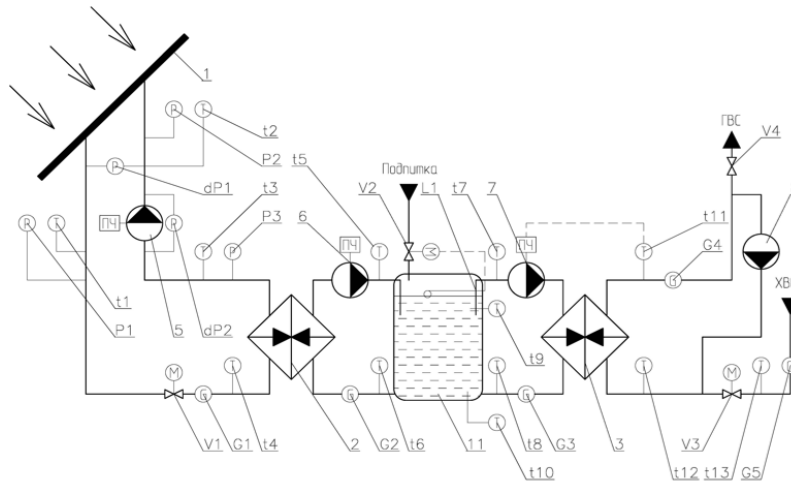


Рис. 1. Базовая схема СВНУ с регулированием расхода теплоносителей в контурах

1 - Солнечный коллектор, 2,3 - Теплообменник, 5 - 8 - Циркуляционный насос, 11 - Бак аккумулятора, t1 - t11 - Датчик температуры, P1 - P3 - Преобразователь давления, dP1 - dP2 - Дифференциальный датчик давления, G1-G5 - Водомерный счётчик, V1-V3 - Кран шаровой, L1 - Датчик уровня поплавковый.

К основным недостаткам рассматриваемой СВНУ следует отнести [3]:

- ограниченную тепловую мощность (35-40 кВт), обусловленную недостаточным количеством солнечных коллекторов при невысокой аккумулирующей способности системы;

- ограниченный объем бака-аккумулятора и неравномерность распределения нагрузки в контуре горячего водоснабжения (ГВС) в течение суток;

- в период высокой интенсивности солнечного сияния (дневные часы) потребление ГВС незначительно и солнечные коллекторы СВНУ работают с недогрузкой.

В качестве технологического решения предложена схема СВНУ с тепловым насосом, которая может быть применена при реконструкции теплоснабжающего комплекса [1]. Новая структура рассматриваемой схемы СВНУ (ри-

сунк 2) предусматривает монтаж второго циркуляционного контура, включающего бак-накопитель и тепловой насос, а также теплообменника типа воздух-вода. Бак-накопитель служит для аккумуляции бросовой теплоты низкого потенциала при накоплении сточных вод контура ГВС. Теплообменник типа воздух-вода предназначен для отбора теплоты низкотемпературного потенциала из системы вытяжной вентиляции теплоносителем в дополнение к теплоте более высокого потенциала из бака-накопителя сточных вод системы ГВС. Возможно последовательное и параллельное подключение двух низкотемпературных источников теплоты в зависимости от имеющегося в них теплового потенциала.

Дополнительно рассмотрена возможность установки промежуточного буферного теплового аккумулятора для выравнивания графика теплотребления контура ГВС.

$$\frac{C_B Z_B C_3 - F_B \cdot \frac{\gamma_B}{\delta_B} \cdot (C_4 - C_3)}{m_{BG} \cdot C_B} = \frac{dt}{dt}; \frac{F_B \cdot \frac{\gamma_B}{\delta_B} \cdot (C_4 - C_3) - C_B Z_B C_5}{m_{BX} \cdot C_B} = \frac{dt}{dt} \cdot (2)$$

Аналогичным образом приводятся уравнения всех остальных элементов системы. Применяя метод Эйлера в программном обеспечении MathCad, производится оптимизация базовых параметров системы:

Решение системы уравнений, описывающих СВНУ методом Эйлера

```

ORIGIN := 1  Исходные данные:
CB := 4190  mA := 5  mBG := 4500  ZA := 1
QC := 4000  mB := 33  mBX := 4500  FB := 3
τ := 84.6000  γB := 0.6  Начальные условия: C0 :=
m := 5 - число уравнений  δB := 1.5

```

Выражение для производных представлено в форме матрицы, причем в качестве второго аргумента используется вектор начальных условий:

$$f(x, C) := \begin{bmatrix} \frac{Z_A(C_2 - C_1)}{m_A} \\ \frac{C_B \cdot Z_A(C_1 - C_2) + Q_C \cdot \sin\left(\frac{180 \cdot \tau}{24}\right)}{m_K \cdot C_B} \\ \frac{Z_A(C_5 - C_3)}{m_B} \\ \frac{Z_B \cdot C_B \cdot C_3 - F_B \cdot \frac{\gamma_B}{\delta_B} \cdot (C_4 - C_3)}{m_{BG} \cdot C_B} \\ \frac{F_B \cdot \frac{\gamma_B}{\delta_B} \cdot (C_4 - C_5) - Z_B \cdot C_B \cdot C_5}{m_{BX} \cdot C_B} \end{bmatrix}$$

a := 0 b := τ -интервал интегрирования
n := 200 -число шагов интегрирования
Решение
R := h ← $\frac{b-a}{n}$ - шаг интегрирования
x ← a
y ← C₀
R_{1,1} ← x - начальные условия
for j ∈ 1..m
R_{1,j+1} ← y_j
for i ∈ 2..n+1
y ← y + h · f(x, y) - расчет значений функции по Эйлера
x ← a + (i-1) · h
R_{i,1} ← x - столбец значений аргумента
for j ∈ 1..m
R_{i,j+1} ← y_j
R

Результаты исследования. Результат решения уравнений математической модели для одного из режимов работы СВНУ в виде графика представлен на рисунке 5. Функция R2 показывает на какой момент времени вода в теплообменнике нагреется до необходимого уровня. Такого

же уровня достигает функция R3, характеризующая изменение температуры теплоносителя в контуре СВНУ. Функции R4, R5 и R6 описывают пределы температур теплоносителя в верхней, нижней и средней точках бака-аккумулятора (на схемах не приведен).

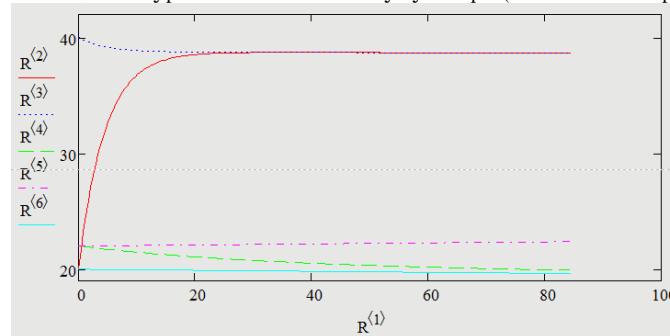


Рис. 5. Результаты решения системы уравнений, описывающих СВНУ с тепловым насосом методом Эйлера
R²...R⁶ – функции каждого элемента системы.

Таким образом, изменяя базовые исходные данные системы, потенциально воздействующие на нее, можно определить поведение тепловых параметров, характеризующих состояние основных контуров циркуляции СВНУ.

Выводы

1. Подключение теплового насоса, получающего тепло низкотемпературного потенциала от имеющихся на объекте исследования источников целесообразно только при изменении схемы действующей установки.

2. Оптимизация схемы СВНУ может быть выполнена следующими методами:

- увеличением объема бака-аккумулятора, что даст возможность увеличить длительность подачи теплоты в контур ГВС в период максимума теплотребления;

- повышением количества смонтированных солнечных коллекторов для увеличения тепловой мощности СВНУ (это решение будет эффективным только при увеличении объема бака-аккумулятора);

- подключением теплового насоса, отбирающего энергию от источника, имеющего низкую температуру и подающего дополнительную теплоту в тепловой аккумулятор в период максимальной тепловой нагрузки контура ГВС.

3. Все указанные в работе результаты подтверждены моделированием процессов в экспериментальной СВНУ методом Эйлера.

Литература:



1. Буртасенков Д.Г. Повышение эффективности централизованного теплоснабжения путем использования тепловых насосов: автореф. дис. . канд. техн. наук / Кубан. гос. технол. ун-т. Краснодар., 2006. – 24 с.
2. Бутузов В.А. Солнечные коллекторы в России и на Украине: конструкции и технические характеристики // Тепло-энергетика, 2003. № 1. С. 37 – 40.
3. Бутузов В.А. Солнечное теплоснабжение в России: состояние дел и региональные особенности // Энергосбережение, 2009, № 3. С. 70 - 72.
4. Кондратьев, К.Я. Радиационный режим наклонных поверхностей / К.Я. Кондратьев, З.И. Пивоварова, М.П. Федорова; под ред. К.Я. Кондратьева: Монография. -Л.: Гидрометеиздат, 1978. 215 с.
5. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.