

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕПЛОНАСОСНАЯ СИСТЕМА СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Петраш В.Д., Басист Д.В. *(Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)*

Проведен анализ особенностей функционального устройства предложенной теплонасосной системы солнечного теплоснабжения парокompрессионного типа, определены условия её энергоэффективной работы на основе выбора температуры конденсации рабочего тела в зависимости от соотношения сопряженных потоков солнечного излучения, приводной мощности компрессора и потребляемой теплоты абонентскими системами.

Существенное увеличение темпов мирового потребления энергии за последние десятилетия повлекло за собой истощение запасов и удорожание органического топлива. Не менее острой стала задача предотвращения теплового загрязнения биосферы для снижения экологической напряженности.

Перспективной альтернативой в решении указанной проблемы является применение ТНССТ [1, 2, 3], которые позволяют повысить эффективность преобразования солнечной энергии, расширить объем выработки теплоты и продлить период полезной эксплуатации гелиосистем. Работа ТНССТ в этом направлении характеризуется известными недостатками [2, 4, 5, 6]. В часы интенсивного солнечного излучения, прежде всего в теплый период года, эффективность гелиосистем существенно зависит от степени несоответствия графиков выработки и потребления энергии. При наибольшей интенсивности солнечного излучения температура теплоносителя после гелиоприемников достигает максимальных значений. Это приводит к перегреву рабочего тела с нарушением номинального режима парокompрессионного цикла во всех структурных элементах ТН. Поэтому суточная и сезонная неравномерность трансформации теплоты в ТН является сдерживающей в расширении возможностей использования солнечной энергии при наличии её больших объемов, прежде всего на юге Украины.

На рис. 1 представлена принципиальная схема предложенной ТНССТ, которая состоит из гелио – и абонентской систем, функционально взаимосвязанных между собой контуром парокompрессионного ТН. В испарителе происходит отбор теплоты солнечного нагрева воды

с последующей трансформацией и передачей её низкотемпературным системам отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Высокая энергетическая активность ТНССТ достигается за счет отбора части теплового потока нагреваемой воды для абонентского потребления с помощью дополнительного теплообменника Т1 в гелиоконтуре, установленном до испарителя и работающем на параллельном участке магистрального трубопровода системы теплоснабжения относительно теплонасосного контура. Это позволяет не только передать часть теплоты с повышенным температурным потенциалом от теплоносителя гелиоконтура к абонентскому теплоносителю более простым способом рекуперативного теплообмена с незначительными энергозатратами, но и снизить тепловую нагрузку до номинального уровня в работе ТН. Такое решение в системе позволяет с помощью температурного регулятора расхода теплоносителя РТ7 стабилизировать рациональный температурный режим ТН, прежде всего в периоды максимальной интенсивности солнечного излучения либо при несоответствии графиков выработки и потребления теплоты соответствующими абонентскими системами.

Проанализируем условия энергоэффективной работы ТНССТ на основе предложенной функциональной взаимосвязи структурных подсистем в наиболее характерном режиме эксплуатации, характеризуемом одновременной выработкой теплоты для потребления и зарядки бака-аккумулятора. При установленной поверхности коллекторов солнечной энергии, например, по расчетным условиям нагрузки отопительно-вентиляционных систем и горячего водоснабжения, с повышением интенсивности солнечного излучения сверх расчетного значения, происходит выработка избыточной теплоты, особенно при снижении мощности теплоснабжения. Таким образом, в анализируемом режиме работы ТНССТ одновременно с выработкой теплоты происходит и зарядка бака-аккумулятора. Для условно принятого процесса квазистационарного теплообмена трансформируемая энергия солнечного излучения, воспринятая с 1 м^2 КСЭ [7] и соответствующая индикаторная мощность компрессора за период dt равна теплоте абонентского потребления и зарядки бака, что представляется уравнением в следующем виде

$$I_3 dt + N_3 dt = c_{p,m} M dt + Q_{ao} dt. \quad (1)$$

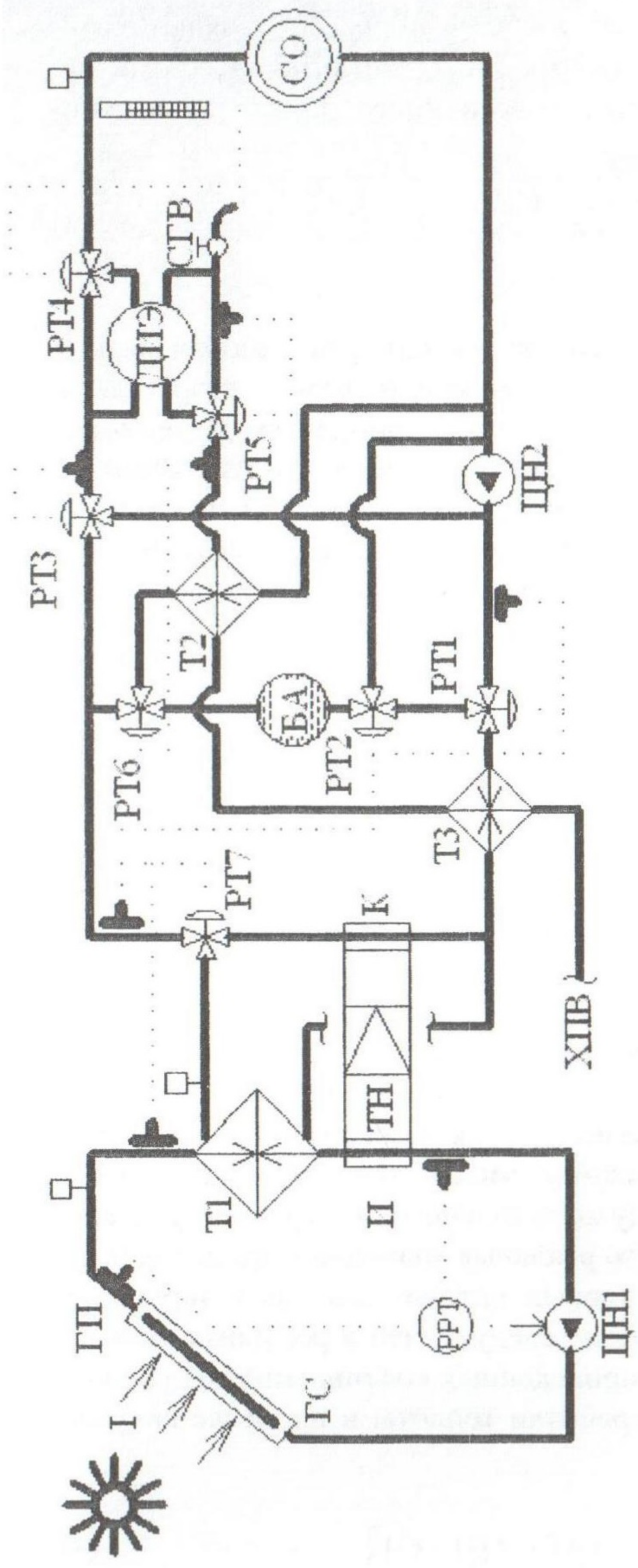


Рис. 1 Принципиальная схема теплонасосной системы солнечного теплоснабжения повышенной эффективности
 Условные обозначения:
 ГС-гелиоконтур системы; ГП-гелиоприемник; ТН-тепловой насос; К-конденсатор; И-испаритель; СО-система низкотемпературного отопления; СТВ-система горячего водоснабжения; БА-бак-аккумулятор; ДИЭ-дополнительный источник энергии; РРТ-регулятор разности температур; ЦН-циркуляционные насосы; Т-теплообменник; РТ-температурный регулятор расхода теплоносителя; точечные линии-импульсные связи.

Разделив почленно слагаемые этого уравнения на $N_3 dt$, а также принимая во внимание, что M / dt представляет собой соответствующий расход теплоносителя G , кг/(с·м²), в процессе зарядки бака-аккумулятора, и полагая, что $Q_{аб}/N_3$ отражает действительное значение теплового коэффициента φ парокompрессионного цикла ТН, зависимость (1) можно представить в виде

$$\varphi = 1 + \frac{I_r - c_{p,m} G dt}{N_3} \quad (2)$$

Из этого уравнения следует, что эффективность преобразования солнечного излучения в теплоту в анализируемой системе возрастает в режиме избыточной выработки теплоты над абонентским теплопотреблением пропорционально интенсивности солнечного излучения со снижением удельной выработки аккумулируемой теплоты на единицу приводной мощности ТН. В работе [8] действительный коэффициент преобразования парокompрессионного цикла рассматривается в следующем виде

$$\varphi = a \frac{T_k}{T_k - T_0} \quad (3)$$

Для ТН теплопроизводительностью (200-1000) кВт с турбокомпрессором значение $a = 0,45-0,55$;

Для оценки качественной взаимосвязи и влияния количественного соотношения анализируемых потоков солнечного излучения, приводной мощности и абонентского теплопотребления на энергоэффективность выработки теплоты в системе, представим $A = N_3 / I_3$, а $C = Q_{аб,з} / (I_3 + N_3) = Q_{аб,з} / [I(1+A)]$, где A и C – соотношения, отражающие соответствующую часть рассматриваемых потоков энергии относительно указанных значений. По физическому смыслу соотношение A представляет собой обратную величину холодильного коэффициента, в связи с чем логично рассматривать его реальные значения в пределах 0,1 – 0,3. Из второго соотношения тепловых потоков для анализируемого режима работы системы закономерно следует, что в реальных условиях C меньше единицы. С учетом приведенных соотношений из уравнения (1) зависимость удельной выработки теплоты в процессе аккумулярования приобретает вид

$$G dt = c_{p,m}^{-1} [I_3 (1+A)(1-C)] \quad (4)$$

Совместное решение уравнений (2), (3) и (4) позволяет представить зависимость температуры конденсации рабочего тела в парокompрессионном цикле относительно определяющих параметров анализируемой системы в следующем виде

$$T_k = T_0 a^{-1} C (1+1/A) / [a^{-1} C (1+1/A) - 1]. \quad (5)$$

В табл.1. представлены значения по температуры конденсации рабочего тела ТН уравнению (5) в зависимости от соотношений энергетических потоков A и C при значении $a = 0,5$ в процессе работы гелиоконтур с температурой в испарителе $T_0 = (283-303)$ К. Зависимость (5) позволяет выявить целесообразные пределы работы ДИЭ и является основой для определения общей эффективности энергосбережения в процессе эксплуатации системы.

Табл.1. Зависимость температуры конденсации T_k рабочего тела в теплонасосной системе солнечного теплоснабжения от соотношения энергетических потоков A и C .

A	C	T ₀ , К		
		283	293	303
0,1	0,5	311	322	333
	0,7	302	313	324
	0,9	298	306	319
0,3	0,5	368	380	394
	0,7	340	349	362
	0,9	325	335	346

Вывод

Система положительно характеризуется возможностью рационального распределения теплоты солнечного нагрева воды между теплообменниками для повышения технического ресурса ТН путем стабилизации его работы в номинальном теплогидравлическом режиме, что одновременно обеспечивает условия повышения эффективности процессов преобразования солнечного излучения с увеличением общей выработки теплоты для систем коммунально-бытового назначения. Результаты исследования позволяют произвести обоснованный выбор расчетных параметров ТН и определить общие условия высокоэффективной работы анализируемой системы.

Условные обозначения

- a – экспериментальный коэффициент, который суммарно учитывает все потери: в цикле, в электродвигателе и от внешней необратимости в процессе теплопередачи;
- $c_{p,m}$ – среднее значение теплоемкости воды в рассматриваемом температурном интервале, Дж/(кг·К);
- dt – изменение температуры теплоносителя, поступающего в бак-аккумулятор, за рассматриваемый период dt ;
- G – расход теплоносителя G , кг/(с·м²);
- I – эффективная интенсивность солнечного излучения в плоскости коллектора в период анализируемого режима работы системы, Вт/м²;
- M – масса теплоносителя в баке-аккумуляторе, отнесенная к 1 м² КСЭ, кг/м²;
- N – удельное значение индикаторную мощности компрессора в процессе передачи теплоты солнечного нагрева воды абонентской системе, Вт/м²;
- $Q_{аб}$ – тепловой поток абонентского потребления, отнесенный к 1 м² КСЭ, Вт/м²;
- T – температура рабочего тела в идеальном парокompрессионном цикле, К;
- φ – действительное значение теплового коэффициента парокompрессионного цикла ТН;
- ТН – тепловой насос;
- ТНССТ – теплонасосная система солнечного теплоснабжения;

Индексы

- з – отражает соответствующий режим работы абонентских систем с одновременной зарядкой бака-аккумулятора;
- к – отражает режим конденсации рабочего тела;
- о – отражает режим испарения рабочего тела.

1. Даффи Дж. А., Бекман У. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М.: Мир, 1977. – 420 с. 2. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1985. – 352 с. 3. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. – М.: Энергия, 1968. – 335 с. 4. Миrowsки А. и др. Материалы для проектирования котельных и современных систем отопления – Виссманн.: Издание, 1. 2005. – 293 с. 5. Солнечные системы. Инструкция по проектированию. – Виссманн, 2002. – 80 с. 6. Рей Д., Макмайкл Д. Тепловые насосы. – М.: Энергоиздат, 1982, 221 с. 7. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения. – М.: Энергоиздат, 1982 – 80 с. 8. Мартыновский В.С. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов. Под ред. Бродянского В. – М.: Энергия, 1979. – 280 с.