

4. Идельчик, В.И. *Расчеты и оптимизация режимов электрических сетей и систем* / В.И. Идельчик. - М.: Энергоатомиздат, 1988.

5. Железко, Ю.С. *Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии* / Ю. С. Железко. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.

УДК 662.997

САМОДРЕНИРУЕМЫЕ ГЕЛИОУСТАНОВКИ: ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ В МИРОВОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ

Рашидов Ю.К.¹, Файзиев З.Х.²

¹*Ташкентский архитектурно-строительный институт,*

²*Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт, Узбекистан*

Рассмотрен мировой и отечественный опыт разработки и применения самодренируемых гелиоустановок для защиты солнечных коллекторов от замерзания воды в зимний и от её вскипания в летний периоды года. Показано, что применение саморегулирующегося активного элемента в виде трубы Вентури позволяет сократить до 65-80% затраты энергии на перекачку теплоносителя, а также исключить вероятность возникновения гидравлических ударов.

Расширение масштабов практического использования солнечной энергии в системах теплоснабжения требует разработки гелиоустановок большой мощности [1]. Поэтому за последние годы обнаружилась тенденция к росту количества крупных систем централизованного солнечного теплоснабжения. В мире насчитывается 300 установок с площадью СК более 500 м², общая площадь коллекторов в них - 1648 тыс.м². Лидером этого направления является Дания, где построено 110 установок (1318 тыс.м²).

В таких гелиоустановках в отличие от маломощных термосифонных систем с естественной циркуляцией теплоносителя применяется насосная циркуляция. Необходимость защиты солнечных коллекторов (СК) от разрушения зимой из-за замерзания в них воды, а также летом из-за её вскипания и быстрого увеличению давления перегретых водяных паров (или антифриза) в режиме стагнации (остановки циркуляции), требует разработки

простых, надёжных, экономичных и энергетически эффективных технических решений [2].

В этом отношении самодренлируемые системы (*СДС* или *DBS- Drainback Systems*) солнечного теплоснабжения являются одним из перспективных направлений развития гелиотехники [3]. Особенностью их конструкции является опорожнение *СК* от теплоносителя при остановке насоса гелиоконтур в специальный бак (*drainback tank*) или бак-аккумулятор.

Благодаря своей простоте и многочисленным преимуществам по сравнению с другими типами солнечных водонагревателей, которые отмечены в работах [1, 2, 4], *СДС*, работающие при атмосферном давлении, нашли широкое применение на практике. Например, в Нидерландах, где были ужесточены нормативные требования к теплоносителям гелиоустановок [5, 6]. Так при использовании гликолевых теплоносителей предписывалось применение двойных теплообменников для предотвращения попадания гликолей в организм человека. Уже в 2000-е годы в этой стране 80% всех гелиоустановок строились самодренлируемыми [7]. В восьмидесятые годы в Европе и США были запатентованы десятки конструкций *СДС* [8, 9, 10, 11].

Следует заметить, что в этот же период и в Узбекистане сотрудниками Зонального научно-исследовательского института типового и экспериментального проектирования жилых и общественных зданий Госгражданстроя ТашЗНИИЭП были разработаны изобретения на *СДС* [12, 13, 14]. Данные технические решения были реализованы при строительстве экспериментального одноквартирного 6-комнатного жилого дома в пос. Мингчинар Ташкентской области [15].

Самая большая в мире *СДС* площадью 2400 кв. м построена в г. Бреде в Нидерландах для теплоснабжения кондитерской фабрики [1]. Мировыми лидерами в производстве *СДС* являются Норвегия (до 70 % всех гелиоустановок выполняют самодренлируемыми), США (20 %), Франция (15 %). Разнообразием технических решений отмечаются *СДС* французской фирмы Tecsol. Ею построено 40 таких установок общей площадью 2325 кв.м.

В России наибольшее применение получили открытые *СДС* площадью свыше 20 м². Такие установки на 20-30 % дешевле обычных, не требуют дорогостоящих теплоносителей. В городе Краснодаре для горячего водоснабжения (ГВС) отеля по ул. Поставой разработана и построена самая большая в России самодренлируемая система площадью гелиополя 178 м² [1].

Однако, несмотря на все свои преимущества и распространенность применения, *СДС* присуще также следующие существенные недостатки, влияющие на их экономичность и надёжность работы.

Во-первых, поскольку теплоноситель находится в баке-аккумуляторе и *СК* пуст при запуске насоса, последний должен преодолеть гидростатический напор H и поднять теплоноситель от самого низкого уровня до самой высокой точки в системе. Это требует более мощного насоса, затрачивающего больше электроэнергии. Причём, как показано в [2], мощность насоса требуется не только в течение короткого промежутка времени после его включения в режиме заполнения системы водой, но и при циркуляции воды в заполненной системе, после её выхода на расчётный тепловой режим (60°C и более), так как при геометрической высоте гелиоконтра H , превышающей в наивысшей точке величину допустимого вакуума в самотечной трубе – сифоне, возникает разрыв струи из-за вскипания теплоносителя.

Во-вторых, остановка насоса в *СДС* большой мощности с протяжённой и разветвлённой сетью трубопроводов, объединяющих *СК*, как и в обычных водопроводных сетях может привести к возникновению гидравлических ударов [1], разрушающих систему.

Для устранения указанных недостатков в работе [1] предложена установка обратных клапанов у насосов (для удержания высокого гидростатического напора H) и на сливном трубопроводе перед баками специального клапана с электроприводом, алгоритм включения которого рассчитан из условий предотвращения гидроударов.

Предложенные решения, кроме усложнения *СДС* установкой дополнительных клапанов и дополнительного расширительного бака, противоречит самому принципу самодренирования и повышают вероятность возникновения гидравлических ударов в системе из-за установки обратных клапанов. Ведь *СДС* сама призвана предохранять гелиоустановку от разрушения в режиме стагнации, т.е. прекращения циркуляции во время внезапной остановки насосов из-за отключения электроэнергии. Поэтому непонятно как при отключении электроэнергии будет работать специальный клапан с электроприводом.

Как известно гидравлический удар возникает при резкой остановке движения теплоносителя. Поэтому насос без установки обратного клапана является менее опасным с точки зрения возникновения гидравлического удара. Если обратный клапан резко останавливает поток, то насос при отключении электро-

энергии некоторое время продолжает сбавлять свои обороты, а затем начинает пропускать поток через себя в обратном направлении без его резкой остановки. Таким образом, условия возникновения гидравлических ударов из-за остановки насоса могут быть сведены к минимуму.

Повышения надёжности и эффективности *СДС* можно достичь не традиционным методом, когда управляющие параметры накладываются на неё извне, а более простым альтернативным методом, когда они возникают в ней самой за счёт синергетических эффектов самоорганизации и саморегулирования [16, 17].

Отличительной особенностью разработанного *СДС*, реализующего данный подход [2] является сообщение дренажного бака с циркуляционными трубопроводами не напрямую, как это предусмотрено в Drainback systems, а через суженное сечение саморегулирующегося активного элемента (*САЭ*) выполненного в виде трубы Вентури. При этом роль *САЭ* заключается в автоматическом подключении и отключении дренажного бака к самодренлируемому гелиоконтур при остановке и пуске насоса (после заполнения системы водой), соответственно. Таким образом, он работает в режиме гидродинамического триггера. Вследствие этого при остановке насоса *СК* как обычно дренируется, и вода сливается в дренажный бак через отверстия в суженном сечении трубы Вентури и её уровень поднимается в баке. При этом воздух из дренажного бака по воздушной трубке выдавливается в верхнюю часть сифона и, разрывая поток теплоносителя, обеспечивает надёжное дренирование *СК*.

При включении насоса, вода обратно подсасывается из дренажного бака через суженное сечение *САЭ*, а воздух выдавливается из *СК* в дренажный бак. При прохождении через трубу Вентури, благодаря сужению сечения, гидростатическое давление потока воды переходит в гидродинамическое (скоростное) давление. Поэтому она не сливается самотеком в дренажный бак (как это происходит в Drainback systems), а сохраняя свою кинетическую энергию, продолжает движение мимо боковых отверстий в узком сечении трубы Вентури, которые соединяют её с дренажным баком. Дальнейшее расширение потока в трубе Вентуре приводит к восстановлению гидростатического давления (до 65-80% в зависимости от степени сужения потока, режима течения, конструкции и чистоты обработки внутренней поверхности трубы Вентури) за счёт плавного уменьшения гидродинамического [18].

Таким образом, при работающем насосе дренажный бак для слива воды остаётся заблокированным высоким гидродинамическим давлением потока, и циркуляция теплоносителя во всех остальных точках гелиоконтра осуществляется при избыточном гидростатическом давлении теплоносителя, т.е. без его потерь из-за разрыва струи не зависимо от температуры нагрева теплоносителя. При этом по сравнению с существующими системами drainback исключены затраты энергии на преодоление избыточного гидростатического давления теплоносителя, теряемого в них в точке присоединения дренажного бачка из-за разрыва струи теплоносителя в верхней части сифона при температурах более 60°C и атмосферном давлении. Наличие на всасывающей трубке насоса САЭ, выполненного в виде трубы Вентури, отверстия которого в суженном сечении соединены с дренажным баком, исключает возникновения гидравлических ударов при остановке насоса, так как гидростатический напор H при этом переходит в трубе Вентури в скоростное давление, которое затем постепенно гасится за счёт досселирования в её боковых отверстиях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003 и прикладного гранта ФА-Атех-2018-421.

Библиографический список

1. Бутузов, В.А. Самодренлируемые гелиоустановки: мировой и российский опыт разработки и сооружения / В.А. Бутузов, В.В. Бутузов, Е.В. Брянцева, И.С. Гнатюк // СОК.- 2017. - №2. – С.54-57.
2. Рашидов, Ю.К. Повышение надёжности и эффективности самодренлируемых водяных систем солнечного теплоснабжения/ Ю.К. Рашидов, Ш.Ю. Султанова, Х.Т. Суръатов // Гелиотехника.- 2017.- №1.- С.30-37.
3. Бутузов, В.А. Самодренлируемые гелиоустановки/ В.А. Бутузов, Е.В. Брянцева, В.В. Бутузов, И.С. Гнатюк// Альтернативная энергетика и экология – 2010. – №2, – С.10-14.
4. Botpaev, R. Drainback systems: market overview / R. Botpaev, K.Vajen // 11. Internationale Konferenz für solares Heizen und Kühlen. – Gleisdorf, Austria. – 2014.
5. Brechlin, U. Sun in action II – a solar thermal strategy for Europe (volume 2: the solar thermal sector country by country – 21

national reports) / Uwe Brechlin Ole Pilgaard, Raffaele Piria – Brussels, Belgium. – ESTIF, 2003.

6. Furbo, S. *European regulations and recommendations for separation between solar collector fluids and domestic water.* / S. Furbo. – Byg. DTU, Lyngby, Denmark; – 2003.

7. Hanser, R. *Enwicklung von thermischen solarsystem mit unpobematischem stagnationsverhalten* / R. Hanser, C. Fink, W. Wagner, R. Riva, F. Hillerns – AEE Intec, Tyforop Chemie GmbH, Gleisdorf, Austria. – 2003.

8. Cronin, P.W. *Solar collector automatic freeze protection system* / P.W. Cronin, P.H. Ottomar, E.F. Root, H.M. Simmons // US 4044754 (A) – 1977.

9. Baardman, M. *Solar energy system* / M. Beerdman // EP000083 (A1); – 1979.

10. Cartland, W.H. *Solar heater freeze protection system.* / W.H. Cartland // US 4138996 (A) – 1979.

11. Eugene J.A.A. *Заявка № 2478803 (Франция). Dispositif de mise hors gel pour capteurs soiaires* / Jean Andre Antoine Eugene. – Заяв. 24.03.80, № 8007618, опубли. 25.09.1981.

12. Рашидов, Ю.К. *Система гелиотеплоснабжения* / Ю.К. Рашидов Ю.3. Каем, Е.А Насонов. // А.с. 635371, СССР. – Опубли. в Б.И. – 1978. – № 44.

13. Рашидов, Ю.К. *Система гелиоотопления* / Ю.К. Рашидов, Д.Я.Коган // А.с. 696246, СССР. – Опубли. в Б.И. – 1979. – № 41.

14. Рашидов, Ю.К. *Система гелиотеплоснабжения* / Ю.К. Рашидов // А.с. 781508, СССР. – Опубли. в Б.И. – 1980. – № 43.

15. Рашидов, Ю.К. *Гидравлический расчет опорожняющегося гелиоконтра отопительной системы* / Ю.К. Рашидов // Гелиотехника. – 1983. – № 1. – С.52-56.

16. Рашидов, Ю.К. *Альтернативный метод совершенствования систем солнечного теплоснабжения на основе синергетических процессов самоорганизации и саморегулирования* / Ю.К. Рашидов // Альтернативная энергетика и экология. – 2006. – № 5 (37) – С.88-89.

17. Рашидов, Ю.К. *Альтернативный метод расчёта систем солнечного теплоснабжения* / Ю.К. Рашидов // Гелиотехника. – 2006. – № 3. – С. 83-86.

18. Рашидов, Ю.К. *Особенности гидродинамики потока в самодреннующемся гелиоконтра отопительной системы* / Ю.К. Рашидов // Гелиотехника. – 1988. – № 6. – С.44-48.