

УДК 620.91

РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ВОДОВОЗДУШНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК С ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ТЕПЛООБМЕНА

© 2014 С. С. Достовалова¹, Р. А. Серебряков², С. Г. Батухтин³, А. Г. Батухтин³

¹Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)

²Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства, г. Москва

³Забайкальский государственный университет, г. Чита

В статье рассмотрена энергоэффективная схема использования энергии Солнца в системах централизованного теплоснабжения, позволяющая уменьшить капитальные затраты и эксплуатационные расходы и увеличить степень замещения традиционных источников теплоты. Универсальность систем с использованием данной схемы обуславливает широкую сферу их применения: от дома коттеджного типа до отопления промышленных помещений и тепличных комплексов. Сущность предлагаемой схемы заключается в том, что солнечный коллектор по нагреваемой среде подключают к воздуховоду, соединённому с отопляемым помещением, и антифризом, циркулирующим в контуре: бак – аккумулятор – солнечный коллектор. Предложен способ интенсификации теплообмена за счёт использования интенсификаторов луночного типа. Определена эффективность интенсификации посредством расчёта суточного тепловосприятия плоского воздушного коллектора с интенсификацией лунками и без, а также экономический эффект от внедрения предложенного способа. Согласно расчётам предложенная схема отопления и интенсификация теплообмена на поверхности входящего в неё коллектора может дать ощутимый экономический эффект при внедрении.

Солнечная энергия, тепловая энергия, интенсификация, воздушный коллектор, теплоснабжение.

Стратегической целью государственной энергетической политики в области формирования рационального топливно-энергетического баланса является оптимизация структуры производства, внутреннего потребления и экспорта топливно-энергетических ресурсов с учётом требований обеспечения энергетической безопасности, экономической и энергетической эффективности, усиления внешнеэкономических позиций страны. При этом на первом месте в её выполнении в «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» определён рост значения возобновляемых источников энергии в обеспечении энергетических потребностей общества. Без внедрения технологий, позволяющих вытеснить органическое топливо из топливного баланса страны, невозможно выполнение основных положений стратегии, предусматривающих максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для

устойчивого роста экономики и повышения качества жизни населения страны. Для большинства регионов РФ наиболее перспективным из возобновляемых источников энергии является энергия Солнца.

Схема теплоснабжения

В настоящее время разработано значительное количество различных схем использования энергии Солнца в системах горячего водоснабжения и водяного отопления. Отопление помещений тёплым воздухом на основе источников теплоты различных типов позволяет во многих случаях значительно уменьшить капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Применение гелионагрева с использованием солнечных коллекторов различного типа в системах воздушного отопления позволит значительно повысить эффективность таких систем, а также увеличить степень замещения традиционных источников теплоты. В таких системах

нагревается, в зависимости от температурного режима, вода или воздух, либо осуществляется совместный нагрев воды для нужд горячего водоснабжения и воздух для отопления. Поскольку конечной задачей является нагрев воздуха в помещении, то именно такие комплексы позволяют достичь максимальной эффективности, исключив все промежуточные процессы и преобразования. В качестве источника тепла они могут использовать как тепло сгораемого топлива, так и тепло, получаемое солнечными коллекторами [1].

Универсальность систем обуславливает широкую сферу их применения: от дома коттеджного типа до отопления промышленных помещений и тепличных комплексов.

К преимуществам воздушного отопления можно отнести [2]:

1. Экономичность, поскольку тепло получается непосредственно в нагреваемом помещении.
2. Улучшение микроклимата поме-

щения, так как нагрев воздуха на 40-70 °С вполне достаточен для приточной вентиляции.

3. Малая инерционность, поскольку система воздушного отопления позволяет полностью прогреть помещение за 1,5-2 часа.

4. Отсутствие промежуточного теплоносителя, что позволяет отказаться от строительства водяного отопления. В зимнее время это исключает риск размораживания системы.

5. Высокая степень автоматизации позволяет вырабатывать тепло по потребности.

Большинство преимуществ данной схемы возможно только при использовании в солнечных коллекторах незамерзающих жидкостей. Нагрев воздуха можно производить как в промежуточном теплообменнике от жидкости, нагретой в коллекторе, так и непосредственно в нём. На рис. 1 представлена схема использования теплоты Солнца, позволяющая совмещать эти способы [3].

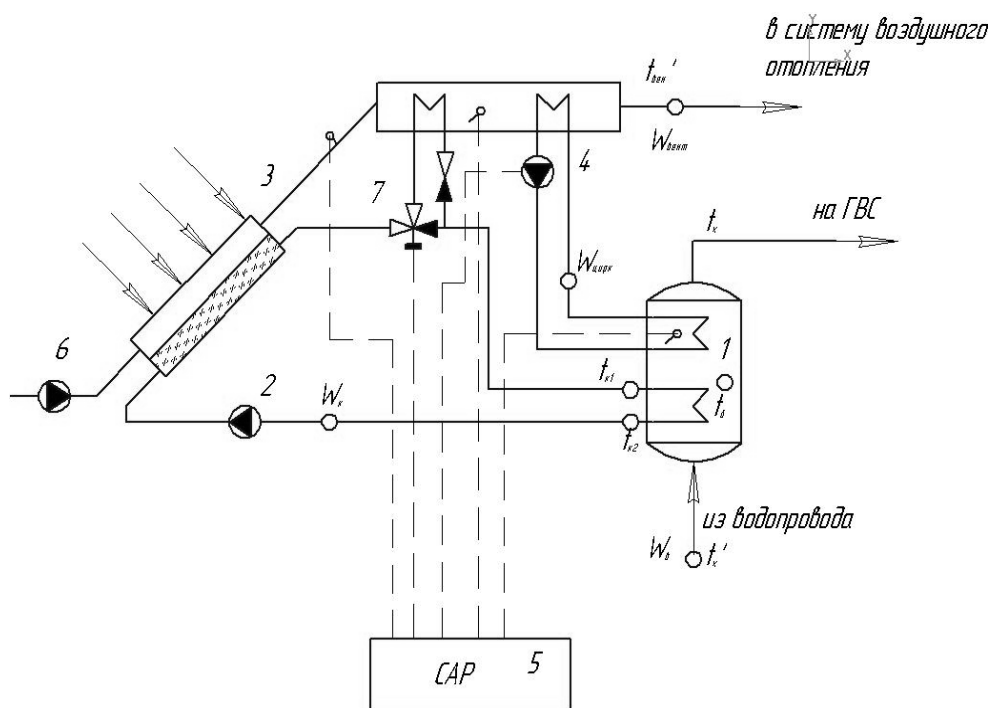


Рис. 1. Система гелиовоздушного отопления:

- 1 – бак-аккумулятор; 2 – насос гелиоконтура; 3 – гелиовоздушный солнечный коллектор;
4 – калорифер; 5 – система автоматического регулирования;
6 – вентилятор приточного воздуха; 7 – трёхходовой клапан гелиоконтура

Применение данной схемы позволяет использовать преимущества воздушных систем отопления при внедрении солнечных коллекторов комбинированного типа (с совместным нагревом воздуха и жидкого теплоносителя), а также снизить температуру лучевоспринимающей пластины и, как следствие, уменьшить потери с излучением.

Сущность предлагаемой схемы заключается в том, что солнечный коллектор по нагреваемой среде подключают к воздухопроводу, соединённому с отопляемым помещением и антифризом, циркулирующим в контуре: бак – аккумулятор – солнечный коллектор. Воздух посредством солнечной радиации и вынужденной конвекции при обтекании трубок и пластины подогревается, после подогрева направляется в воздухопровод и, пройдя его, направляется в систему воздушного отопления. Бак-аккумулятор по аккумулирующему теплоносителю подключён к холодному водопроводу и стороннему источнику теплоты, включённому через погруженную поверхность нагрева.

Эффективность коллектора (рис. 1) может быть в значительной мере повышена посредством интенсификации теплообмена на поверхностях с полусферическими углублениями за счёт увеличения площади теплообмена.

Ещё в 90-е годы прошлого века в работах Кикнадзе Г.И., Краснова Ю.К. и др. [4] изучался новый класс квазипотенциальных закрученных потоков газов и жидкостей, формирование которых достигается либо за счёт слияния специально направленных струй рабочей сплошной среды, либо при обтекании его трёхмерных «лунок» (так называемых «генераторов вихря») на энергообменных или несущих поверхностях.

Высокоэффективное практическое использование подобных потоков оказалось возможным благодаря широкомаштабным термодинамическим исследованиям и опытно-конструкторским работам. Так, согласно экспериментальным данным, вихревые струи, сформированные в соответствии с точными решениями урав-

нений гидродинамики, увеличивают вдвое расход газа или жидкости по сравнению с потоками иной структуры при равных напорах в магистралях одинаковых размеров и формы. Такие закрученные течения самоорганизуются в потоках теплоносителей, обтекающих энергообменные поверхности, сформированные специальными профилями «генераторов вихря» [4], существенно интенсифицируют тепло- и массообмен при снижающемся аэродинамическом сопротивлении энергообменных каналов.

Расчёт суточного тепловосприятия

Для определения эффективности интенсификации был проведен расчёт суточного тепловосприятия плоского водовоздушного коллектора с интенсификацией лунками и без них (с использованием программы определения оптимальных технико-экономических показателей работы ТЭС [5]).

Климатологические данные (г. Чита): долгота – 113 ч 23 мин, широта – 52 ч 6 мин.

Направление поверхности: угол наклона к горизонту – 45 град., азимутальное направление 180 град.

Пластина: размеры: 1000×100×10 мм, материал – медь, толщина стенки 2 мм.

Трубки: количество 10 шт., диаметр 25 мм, материал – медь, толщина стенки 1 мм, доля охвата 50%, материал термоинтерфейса – олово, толщина слоя 500 мкм.

Поглотитель: окраска – матовая чёрная краска (степень поглощения 95, чернота 5, селективность 0,4).

Внешняя изоляция: стекло – два слоя, толщина 1 мм, коэффициент ослабления 0.4 1/мм, размер прохода воздуха 30 мм.

Параметры воздуха: температура воздуха на входе 0 °С, расход воздуха – 1000 м³/ч.

При расчёте суточного тепловосприятия регенеративного водовоздушного теплообменника с повышенной эффективностью теплообмена полученные по

стандартной методике коэффициенты теплоотдачи повышаются пропорционально средним (по поверхности лунки) относительным коэффициентам теплоотдачи. Для учёта увеличения площади теплообмена необходимо оценить её относительное увеличение K_F и учесть её в стандартной методике.

Для предложенных геометрических параметров полусферических углублений K_F принимает значения от 1,09 до 1,116 в зависимости от плотности упаковки (для предварительной оценки в расчётах принимался $K_F = 1,1$). Проведённые расчёты показали, что, режим течения турбулентный: $Re=696364$. Для такого режима при интенсификации на сферических интенсификаторах принимаем (по рис. 2 [6]) $\bar{\alpha} = 1.25$.

Результаты расчёта суточного тепловосприятия плоского водовоздушного коллектора сведены в табл. 1.

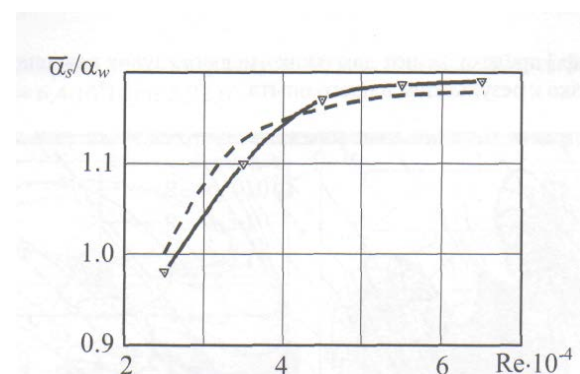


Рис. 2. Средние (по поверхности лунки) относительные коэффициенты теплоотдачи для сферической лунки

Таблица 1. Результаты расчёта плоского коллектора

№ п/п	Местное время	Тепло, полезно воспринятое коллектором (без интенсификации), Вт	Тепло, полезно воспринятое коллектором (интенсификация: $K_F = 1.1$, $\bar{\alpha} = 1.25$), Вт
	1	2	3
	9:00	0	0
1.	10:00	150	152
2.	11:00	362	377
3.	12:00	550	590
4.	13:00	625	635
5.	14:00	670	675
6.	15:00	655	660
7.	16:00	585	595
8.	17:00	455	465
9.	18:00	260	267
10.	19:00	50	52
11.	20:00	0	0
12.	Итого	4362	4468

Повышение эффективности за счёт интенсификации лунками составило 2,43%. Годовая эффективность, достигаемая за счёт интенсификации коллектора, составит 106 кВт/м².

При текущем тарифе на тепловую энергию в системе централизованного теплоснабжения г. Читы 1925 руб./Гкал экономический эффект составляет 175,5 руб./м².

Таким образом, предложенная схема гелиовоздушного отопления и интенсификация входящего в неё коллектора лун-

ками может дать ощутимый экономический эффект при внедрении.

Библиографический список

1. Батухтин А.Г., Батухтин С.Г. Методы повышения эффективности современной работы установок гелиоотопления и систем централизованного теплоснабжения // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2009. № 48. С. 48-53.

2. Альтернатива котельным есть! Отопление теплым воздухом // Энергосбережение и проблемы энергетике Западного Урала. 2008. № 1-2. С. 18-22.

3. Батухтин А.Г., Батухтин С.Г. Солнечная установка и способ её работы. Патент РФ 2403511; опублик. 10.11.2010; бюл. № 31.

4. Кикнадзе Г.И., Олейников В.Г.

Самоорганизация смерчеобразных вихревых структур в потоках газов и жидкостей и интенсификация тепло- и массообмена. Препринт № 227-90. Новосибирск: Институт теплофизики СО АН СССР, 1990. 46 с.

5. Басс М.С., Батухтин А.Г., Батухтин С.Г. Программа определения оптимальных технико-экономических показателей работы ТЭС. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009614238.

6. Сапожников С.З. Основы градиентной теплотметрии. СПб.: Политехнический ун-т, 2012. 203 с.

Информация об авторах

Достовалова Софья Сергеевна, аспирант кафедры теплотехники и тепловых двигателей, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: so-phiadost@mail.ru. Область научных интересов: энергосбережение, криогеника, вихревой эффект.

Серебряков Рудольф Анатольевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства, г. Москва. E-mail: ruds@list.ru. Область научных ин-

тересов: ветроэнергетика, энергосбережение, вихревой эффект.

Батухтин Сергей Геннадьевич, аспирант кафедры тепловых электрических станций, Забайкальский государственный университет, г. Чита. Область научных интересов: теплоснабжение, энергосбережение, тепло- и массообмен.

Батухтин Андрей Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых электрических станций, Забайкальский государственный университет, г. Чита. Область научных интересов: энергосбережение, тепло- и массообмен, возобновляемые источники энергии.

REGENERATIVE AIR-WATER HEAT EXCHANGER WITH IMPROVED HEAT EXCHANGE ABILITY

© 2014 S. S. Dostovalova¹, R. A. Serebryakov², S. G. Batukhtin³, A. G. Batukhtin³

¹Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation

²VIESH (All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture), Moscow, Russian Federation

³Transbaikal State University, Chita, Russian Federation

The article describes a power-efficient scheme for using solar energy in centralized heat supply systems that makes it possible to reduce capital and operating costs and increase the degree of substitution of traditional

sources of heat. The versatility of systems based on the scheme determines a wide range of their applications: from cottage- type houses to the heating of industrial facilities and greenhouses. The essence of the proposed scheme is that the solar collector for heating medium is switched to the air duct connected to the heated space and an antifreeze substance which circulates in the circuit: storage tank - solar collector. A method of intensifying heat transfer through the use of hole-type intensifiers is proposed. The intensification efficiency is determined by the calculation of daily heat absorption of a flat air collector with the intensification by using holes and without these, the economic effect of the introduction of the proposed method is also determined. According to the calculations, the proposed heating scheme and the intensification of heat transfer on the surface of the collector included in it can provide tangible economic benefits in the implementation.

Solar collector, heat, energy saving, intensification.

References

1. Batukhtin A.G., Batukhtin S.G. Modern methods of increasing the effectiveness of helium heating installations and centralized heat supply systems //St. Petersburg State Polytechnical University Journal. 2009. № 48. P. 48-53. (In Russ.)
2. Alternative to boiler plants. Warm air heating // Energy saving and energy problems of the Western Urals. 2008. № 1-2. P.18-22. (In Russ.)
3. Batukhtin A.G., Batukhtin S.G. Solnechnaya ustanovka i sposob ee raboty [Solar installation and how it works]. Patent RF, no. 2403511, 2010. (Publ. 10.11.2010, bul. no. 31)
4. Kiknadze G.I., Oleynikov V.G. Samoorganizatsiya smercheobraznykh vikhrevykh struktur v potokakh gazov i zhidkostey i intensivatsiya teplo- i mas-sobmena [Self-organization of tornado-like vortex structures in flows of gases and liquids and intensification of heat and mass transfer]. Preprint № 227-90. Novosibirsk: Institut Teplofiziki SO AN SSSR Publ., 1990. 46 p.
6. Bass M.S., Batukhtin A.G., Batukhtin S.G. Programma opredeleniya optimal'nykh tekhniko-ekonomicheskikh pokazateley raboty TES [The program of determining optimal technical and economic performance of thermal power stations]. Certificate of state registration of software №2009614238.
7. Sapozhnikov S.Z. Osnovy gradient-noy teplometrii [Principles of gradient heat metering] SPb.: Polytechnic University Publ., 2012. 203 p.

About the authors

Dostovalova Sophia Sergeevna, postgraduate student of the Department of Heat Engineering and Heat Engines, Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation. E-mail: sophiadost@mail.ru. Area of Research: energy saving, cryogenics, swirling effect.

Serebryakov Rudolph Anatolyevich, Candidate of Science (Engineering), National Research Institute for Electrification of Agriculture, Moscow, Russian Federation. E-mail: ruds@list.ru. Area of Research: wind power engineering, energy saving, swirling effect.

Batukhtin Sergey Gennadyevich, postgraduate student of the Department of Thermal Power Plants, Transbaikal State University, Chita, Russian Federation. Area of Research: heating, energy saving, heat and mass transfer.

Batukhtin Andrew Gennadyevich, Candidate of Science (Engineering), Assistant Professor of the Department of Thermal Power Plants, Transbaikal State University, Chita, Russian Federation. Area of Research: energy saving, heat and mass transfer, renewable energy sources.