

ТЕПЛООБМЕННИКИ НА ТЕПЛОВЫХ ТРУБАХ ДЛЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ



Леонид Васильев



Леонид Васильев

Введение

За последние 10 лет в мире происходят значительные изменения в архитектуре, строительстве и энергетике городов и зданий. Наиболее крупные – в секторе теплоснабжения, горячего водоснабжения и кондиционирования помещений.

Традиционные источники топлива и энергии быстро вытесняются возобновляемыми, волна энергоэффективной модернизации постепенно охватывает миллионы зданий, потребность которых в тепловой энергии, получаемой посредством сжигания углеводородного топлива, стала стремительно сокращаться.

В ближайшее время основой для зданий XXI века станут новые стандарты ЗЕРО и ПАССИВ-ХАУС. Двигателем этих перемен выступают страны ЕС, где с принятием Директивы EPBD (Директивы об энергетической эффективности зданий – DIRECTIVE 2010/31EU), по сути, началась новая энергетическая революция. Следует полагать, что к 2030 г. все основные развитые и развивающиеся страны закончат модернизацию своих зданий. До 80% мирового производства тепловой энергии к 2025 г. будет вырабатываться не в котельных и ТЭЦ, а в модернизированных энергоэффективных домах. Ключевой технологией ее производства, которая приходит на смену прямому сжиганию углеводородного топлива, станут теплонасосные технологии и инновационные системы, способствующие созданию оптимальных параметров микроклимата внутри помещений.

Цель данной работы – обеспечение микроклимата внутри зданий с минимальными энергетическими потерями и гарантией поддержания оптимальной температуры, влажности и минимальной концентрации CO_2 в воздухе. Тепловые трубы оригинальной конструкции и пародинамические термосифоны, как теплообменники тепловых насосов (адсорбционных и абсорбционных), в комбинации с солнечными технологиями претендуют на роль базовой технологии систем климатизации городов и зданий. Именно тепловые насосы стимулируют переход к интегральному энергоснабжению, где на смену термину «теплоснабжение» приходит термин «климатизация». Стремительный рост совершенства этих технологий, их экономической и технической эффективности, простота эксплуатации в сочетании с предельным уровнем комфорта среды обитания человека позволяют прогнозировать закат классических технологий систем централизованного теплоснабжения городов и зданий на базе угля, нефти и газа.

В лаборатории пористых сред Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова изобретены и запатентованы в таких странах, как США, Франция, Швеция, Бельгия, пародинамические термосифоны (ПДТ) – новые теплопередающие устройства, в которых реализуется замкнутый пародинамический испарительно-конденсационный цикл переноса тепла [1]. ПДТ имеют принципиальное отличие от других известных в мире термосифонов и тепловых труб такого же диаметра (рис. 1).

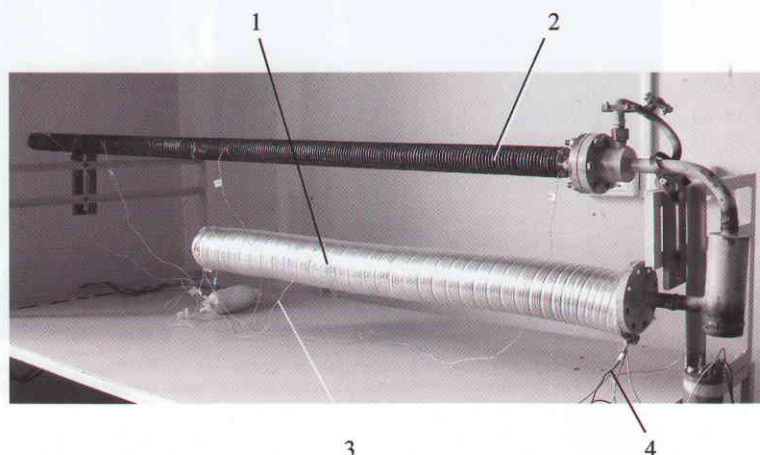
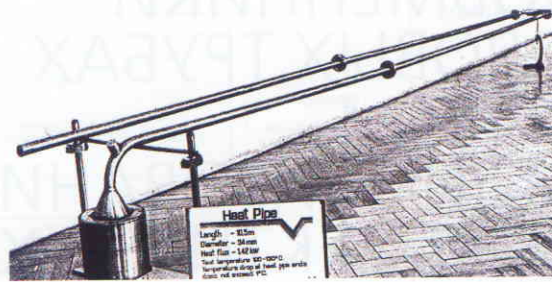


Рис. 1. Пародинамический термосифон (ПДТ) на экспериментальном стенде: 1 – испаритель с теплоизоляцией; 2 – конденсатор; 3 – термопарный провод; 4 – провода питания электроннагревателя

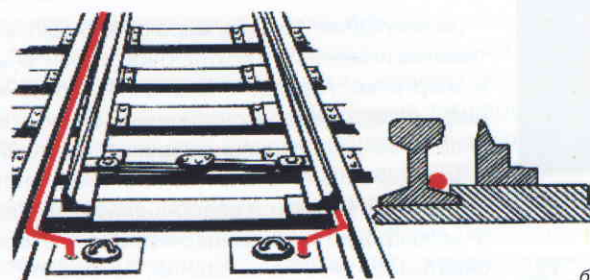
ПДТ предназначены для передачи теплового потока в горизонтальном направлении на большие расстояния (десятки и сотни метров). Коэффициент полезного действия ПДТ составляет 90% и более. Исследования термодинамических параметров термосифона с конденсатором длиной 2,5 м при наружном диаметре трубы 24 мм и моделирование его работы на специальном стенде показали, что в зависимости от передаваемой тепловой нагрузки и величины кольцевого зазора в канале конденсатора имеют место различные режимы течения рабочей жидкости, которые определяют теплопередающие характеристики устройства. Конденсатор ПДТ можно выполнить гибким в виде полимерных трубок малого диаметра. Такой ПДТ не боится коррозии и долгие годы может находиться в земле. Последние инновации в конструкции ПДТ, связанные с использованием нанотехнологий, дают возможность создавать тепловые трубы и термосифоны для нагрева и охлаждения воздуха, грунта и дорожного покрытия, в частности осуществления таяния снега и льда на крышах зданий, стоянках автомобилей, а также в качестве теплообменников тепловых насосов, аккумуляторов теплоты и холода.

Пародинамические термосифоны длиной 10 и более метров (рис. 2, а) прошли испытания в качестве нагревателей пола в помещениях и компонентов сушильных панелей для сушки древесины, семян трав и зерна. ПДТ длиной 6 м, предназначенные для обогрева асфальта и бетонных панелей с целью борьбы с обледенением и обеспечением интенсивного таяния снега (рис. 2, б), были испытаны в лабораторных условиях и показали хорошую работоспособность.

Существенный интерес представляют теплообменники на тепловых трубах и термосифонах для систем кондиционирования воздуха в помещениях (рис. 3). Для получения оптимальных параметров системы кондиционирования, работающей в условиях влажного и теплого климата, нужно обеспечить возможность как охлаждения/нагрева приточного воздуха, так и охлаждения/подогре-



а)



б)

Рис. 2. Конструкции ПДТ: а – для нагрева пола и сушки древесины, длина 10 м, тепловой поток 1 кВт; б – для обогрева железнодорожных стрелочных переводов, длина 6 м, тепловой поток 3 кВт

ва воздуха на выходе кондиционера. Теплообменники на тепловых трубах и термосифонах позволяют осуществить интенсивный теплообмен между входящим и выходящим потоками воздуха, а охладитель сорбционного теплового насоса конденсирует пары воды в потоке воздуха, контролируя таким образом влажность потока воз-

духа на выходе системы кондиционирования [2, 3].

Идеальные параметры воздуха на выходе из системы кондиционирования составляют:

- температура 20–23 °С;
- относительная влажность (RH) 40–60%.



Рис. 3. Теплообменник на тепловых трубах для системы кондиционирования помещения

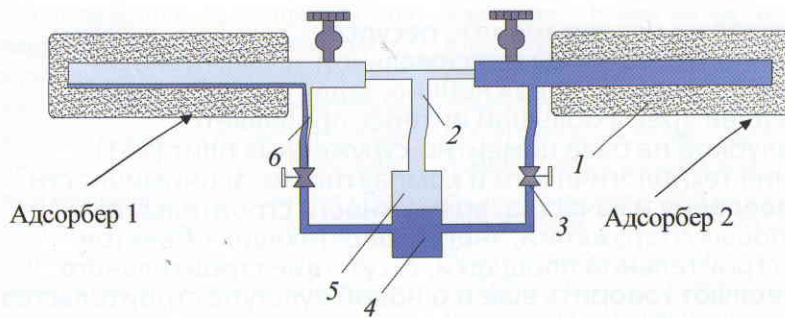


Рис. 4. Схема теплообменника адсорбционного солнечного холодильника с системой терморегулирования на базе пародинамического термосифона, имеющего один испаритель и два конденсатора, расположенные в адсорберах: 1 – конденсаторы, 2 – паровая трубка, 3 – вентили, 4 – жидкость в испарителе, 5 – испаритель, 6 – жидкостная трубка

Следовательно, если задать расход приточного и вытяжного воздуха 1000 м³/ч, то необходимо обеспечить:

- параметры приточного воздуха на входе кондиционера – температура приточного воздуха -24 °С, относительная влажность 84%;
- параметры приточного воздуха на выходе кондиционера – температура приточного воздуха +11,4 °С, относительная влажность 44%.

Теплопроизводительность такой системы кондиционирования составляет 12 кВт.

Инновации данной системы кондиционирования воздуха:

1) теплообменник на базе пародинамического термосифона (рекуперация

теплоты входящего воздуха для подогрева воздуха после холодильника);

2) охладитель воздуха на базе солнечного холодильника на твердых сорбентах;

3) охладитель воздуха на базе пародинамического термосифона (альтернатива солнечному холодильнику) в холодное время года, когда температура окружающей среды ниже температуры входящего воздуха в систему кондиционирования.

Пародинамический термосифон может быть использован в адсорбционном солнечном холодильнике (рис. 4) для организации поочередной десорбции хладагента в двух адсорберах. Конденсаторы термосифона разме-

щены вдоль оси цилиндрических адсорберов и нагревают сорбент от солнечного излучения. Длина конденсаторов 1 м, термическое сопротивление термосифона $R = 0,05 \text{ К/Вт}$.

Низкотемпературная часть солнечного холодильника на твердых сорбентах 13 (рис. 5) используется в качестве теплообменника и конденсатора для конденсации влаги из потока воздуха [4].

Выводы

1. Вышеуказанные инновации в конструкции системы кондиционирования дают возможность получить чистую экономию энергии до 30%.

2. Утилизация «даровой» теплоты и холода с помощью теплообменника на базе пародинамических термосифонов и солнечного холодильника на твердых сорбентах позволяет повысить эффективность работы системы кондиционирования воздуха в энергоэффективных домах до 65%.

Литература

1. Vasiliev, L.L., Morgun, V.A., Rabetsky, M.I. Heat Transfer Device. US Patent No. 4554966, 26.11.1985.
2. Vasiliev, L.L. Heat pipes technology in CIS countries // Proc. of 4th Intern. Heat Pipe Symposium, Tsukuba (Japan), 1994. – P. 12–24.
3. Vasiliev, L.L., Vasiliev, L. Jr. Heat pipes and thermosyphons for thermal management of solid sorption machines and fuel cells // In: Heat Pipes and Solid Sorption Transformers. Fundamentals and Practical Applications / Ed. by L.L. Vasiliev, S. Kakac / CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton – London – New York, 2013. – P. 213–258.
4. Vasiliev, L., Mishkinis, D., Antukh, A., Vasiliev, L. Jr. Solar – gas/electrical solid sorption refrigerator // NATO Science Series, Low Temperature and Cryogenic Refrigeration. – Vol. 99. – 2002. – P. 373–386.

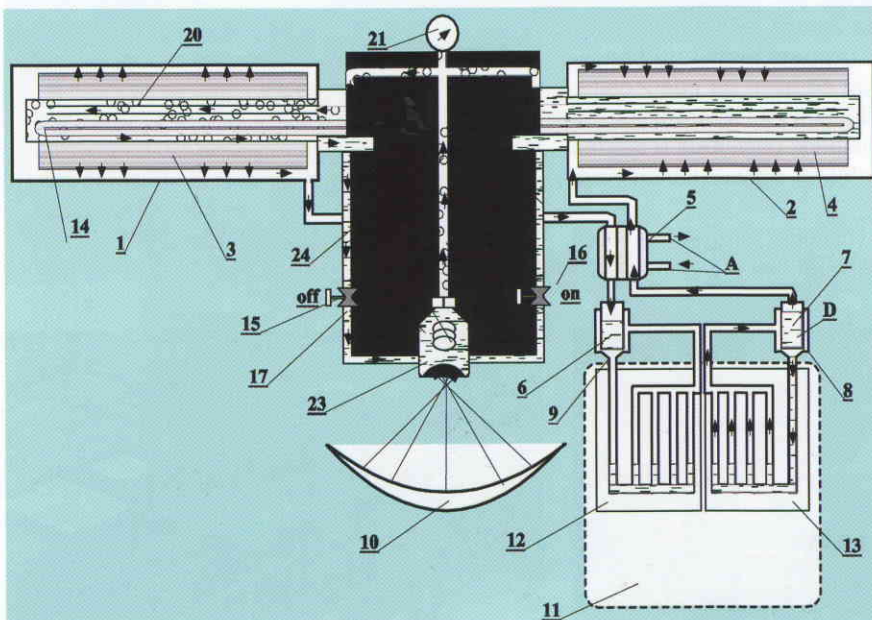


Рис. 5. Солнечный холодильник (альтернативный источник энергии – электричество для ночного времени)