

УДК 536.24:620.9

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАМКНУТЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ СИСТЕМ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ

П. С. Колмачева, А. В. Таран, Т. Н. Никулина, Н. М. Кидун

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Рассмотрены перспективные направления использования замкнутых двухфазных тепло-  
передающих систем, а также особенности их применения.*

**Ключевые слова:** термосифон, энергосбережение, утилизация тепловых ВЭР, возобнов-  
ляемые ресурсы.

## PROMISING DIRECTIONS AND FEATURES OF APPLICATION OF CLOSED TWO-PHASE HEAT TRANSFER SYSTEMS IN POWER AND INDUSTRIAL INSTALLATIONS

P. S. Kolmacheva, A. V. Taran, T. N. Nikulina, N. M. Kidun

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*This article discusses promising areas of application of closed two-phase heat transfer systems,  
as well as the specifics of their application.*

**Keywords:** thermosiphon, energy saving, utilization of thermal secondary energy resources,  
renewable resources.

Успешное решение задач экономного использования топливно-энергетических ресурсов во многом определяется уровнем использования вторичных энергоресурсов промышленного производства. Основным видом вторичных энергоресурсов (ВЭР) в промышленности являются тепловые ВЭР, важное место среди которых занимает теплота отходящих газов теплоэнергетических и технологических агрегатов, физическая теплота основной продукции и отходов [1].

В ряде отраслей промышленности отходящие газы загрязнены агрессивными компонентами или представляют собой технологические продукты, содержащие оксиды серы и другие агрессивные вещества. В этих условиях для обеспечения коррозионной стойкости необходимо применение теплоиспользующих установок специальной конструкции.

К числу таких установок относятся замкнутые теплопередающие устройства, работающие по испарительно-конденсационному циклу – термосифонные утилизаторы теплоты или теплообменники на тепловых трубах. Использование таких устройств известно еще с прошлого столетия, однако до недавнего времени их применение было весьма ограниченным.

Достоинствами термосифонных теплообменников являются [2]: автономность, простота исполнения, надежность работы теплопередающих элементов и теплообменника в целом; возможность трансформации плотности теплового потока; возможность поддержания температуры теплообменной поверхности на заданном уровне с учетом эксплуатационных ограничений; малое гидравлическое сопротивление по обеим средам; простота установки теплообменников на существующих газоходах агрегатов – источников ВЭР; обеспечение гидравлической плотности теплообменников при повреждении элементов теплообменной поверхности; удобство компоновки теплообменника

из отдельных секций и их замены; удобство очистки теплообменных поверхностей от загрязнений, возникающих в процессе эксплуатации только с наружной поверхности термосифонных элементов.

Перечисленные достоинства замкнутых двухфазных теплопередающих систем позволяют решить ряд специфических проблем, возникающих как на стадии конструирования, так и в сложных условиях эксплуатации промышленных теплоутилизационных установок. Иллюстрацией этого могут служить следующие примеры эффективного применения теплообменников-утилизаторов на основе термосифонов.

В настоящее время испарительные термосифоны находят применение в следующих областях:

1. Применение в газоплотных модульных теплообменниках типа «газ–газ», используемых в системах кондиционирования воздуха [3] и утилизационных установках (рис. 1). Подобная схема теплообменника, но типа «жидкость–жидкость», может применяться для утилизации тепла сточных вод.

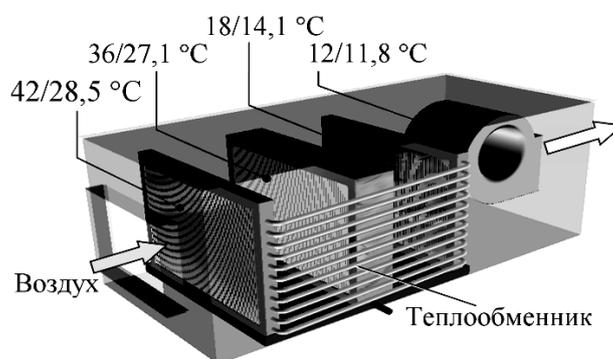


Рис. 1. Кондиционер воздуха с теплообменником-утилизатором на основе ПДТ

2. С помощью термосифонов могут быть построены эффективные системы использования тепла отходящих газов в установках, требующих поддержания определенных температурных условий поверхностей теплообмена по условиям предотвращения активной серноокислотной коррозии.

3. Высокая интенсивность внутренних процессов теплопереноса, а также возможность выполнения двухфазных термосифонов в виде конструкций с различными геометрическими формами позволяет применить их в качестве теплоотводов для охлаждения электротехнических устройств и приборов электронной техники.

4. Значительные перспективы использования теплопередающих устройств с испарительными термосифонами открываются в связи с исследованиями и разработками двухконтурных систем охлаждения теплонапряженных элементов металлургических печей.

5. Благодаря таким качествам, как изотермичность на отдельных участках и возможность трансформации теплового потока, испарительные термосифоны позволяют усовершенствовать технологические режимы в агрегатах для термической обработки нефтепродуктов. Применение термосифонов дает возможность в этом случае повысить коэффициент равномерности теплового потока по периметру и высоте рабочих элементов трубчатых нагревательных печей в области факела, а следовательно, обеспечить необходимый температурный режим термической обработки нефтепродуктов.

6. Совершенствование систем теплоснабжения для нужд отопления и горячего водоснабжения. Оптимальным решением является гибридная система – комбинация термосифона и теплового насоса. Данная система позволяет повысить КПД установок,

особенно в условиях низких температур, или при необходимости утилизации низкопотенциального тепла (энергия грунта, водных бассейнов, солнечная энергия и т. д.).

На рис. 2 показаны примеры организации теплоснабжения индивидуального жилого дома [1]. Тепло, извлеченное из грунта с помощью тепловых труб, либо полученное от солнечной радиации, служит для обогрева помещения и удовлетворение потребности в горячей воде для бытовых нужд. Данная схема может быть масштабирована для системы ЖКХ за счет установки высокотемпературных тепловых насосов и мощных теплообменников на основе замкнутых двухфазных теплопередающих систем.

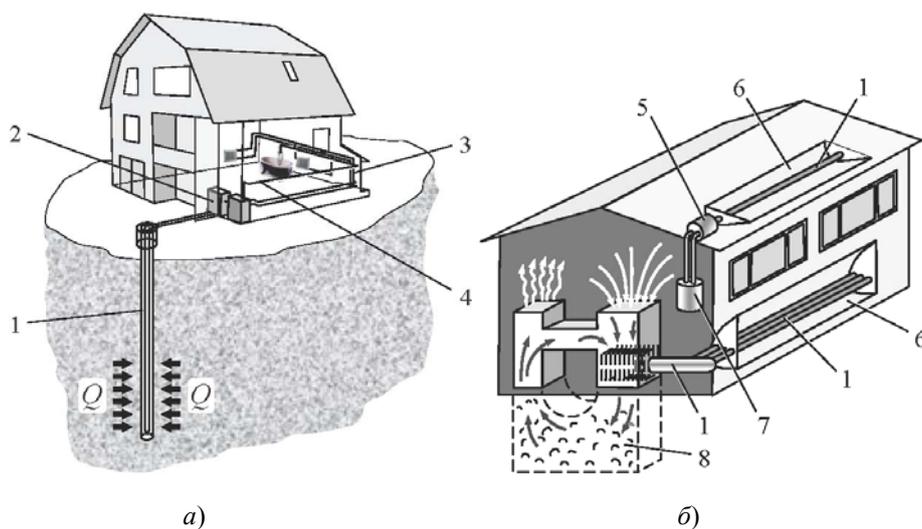


Рис. 2. Теплоснабжение индивидуального жилого дома с использованием тепла грунтового (а) и солнечного (б) тепла:

- 1 – тепловая труба; 2 – тепловой насос; 3 – линия системы отопления;  
4 – линия горячего водоснабжения; 5 – теплообменник;  
6 – концентрирующий следящий коллектор; 7 – водяной бак  
горячего теплоснабжения; 8 – аккумулятор тепла

На кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология» ГГТУ им. П. О. Сухого был создан пародинамический термосифон (ПДТ) [4], в котором конденсат проталкивается в испаритель избыточным давлением пара. Движение теплоносителя организовано по схеме теплообменника «труба в трубе», что дает возможность использовать данное устройство не только вертикально и слабо наклонно, но и горизонтально.

Теплообменники на основе ПДТ могут использоваться для термостабилизации топочного пространства печей, утилизации тепла от промышленных установок и систем вентиляции воздуха, для обогрева помещений, в сушильных установках, системах предотвращения скопления снега на кровлях, в адсорбционных тепловых насосах и холодильных установках.

Отмеченные области применения замкнутых двухфазных термосифонов отражают межотраслевое значение этих универсальных теплопередающих устройств и объясняют большой поток исследовательских работ, проведенных применительно к различным условиям их практического использования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Термосифоны и тепловые трубы в системах для использования низкопотенциального тепла / Л. Л. Васильев, А. С. Журавлев, А. В. Шаповалов [и др.] // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2019. – № 2 (77). – С. 34–40.
2. Безродный, М. К. Процессы переноса в двухфазных термосифонных системах. Теория и практика / М. К. Безродный. И. Л. Пиоро, Т. О. Костюк. – 2-е изд., доп. и перер. – Киев : Факт, 2005. – 704 с. : ил.

3. Использование возобновляемых источников энергии и вторичных энергоресурсов с помощью тепловых труб / Л. Л. Васильев [и др.] // Энергоэффективность. – 2018. – № 11 (228). – С. 28–31.
4. Патент ВУ 11072 U, МПК F 28D 15/02 (2006.01). Термосифон : опубл. 2016.06.30 / Родин А. В., Шаповалов А. В. ; заявитель и патентообладатель Гом. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого.

УДК 630\*1:504

## **ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПО ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**

**О. В. Лапицкая, А. В. Черленок**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

*Установлено, что рекреационные нагрузки на лесные экосистемы зависят от множества факторов, главным из которых является количество лесов. Выявлено, что также немаловажное значение на рекреационную нагрузку имеет отношение местного населения к природе, уровень экономического развития страны и правовые аспекты управления природными ресурсами с учетом ментальных особенностей населения.*

**Ключевые слова:** экология, рекреационная нагрузка, менталитет, лесные экосистемы.

## **FOREIGN EXPERIENCE OF SCIENTIFIC RESEARCH ON THE MENTAL COMPONENT IN ASSESSING THE IMPACT OF RECREATIONAL LOADS ON FOREST ECOSYSTEMS**

**O. V. Lapitskaya, A. V. Cherlenok**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

*It has been established that recreational loads on forest ecosystems depend on many factors, the main one being the amount of forests. It has been revealed that the attitude of the local population to nature, the level of economic development of the country and the legal aspects of natural resource management, taking into account the mental characteristics of the population, also have an important impact on the recreational load.*

**Keywords:** ecology, recreation, mentality, analysis.

Лесные экосистемы играют важную роль в поддержании экологического баланса, обеспечении биологического разнообразия и предоставлении рекреационных услуг. Однако с увеличением рекреационной нагрузки на леса возникает необходимость в оценке воздействия этих действий на экосистемы, причем не только в нашей стране, но и за рубежом, где воздействие рекреации ощущается особенно сильно.

Рекреация, включая туризм, отдых и другие виды активного отдыха, оказывает значительное воздействие на лесные экосистемы, влияя на биоразнообразие, почвенный покров, гидрологический режим и другие аспекты экологии лесов. И если в нашей стране делается многое для сохранения лесных экосистем, то во многих странах, где лесные земли уже давно отданы в частное владение, эта работа ведется недостаточно обстоятельно. Поэтому целью настоящей работы явилось проведение анализа зарубежного опыта научных исследований ментальной составляющей по оценке воздействия рекреационных нагрузок на лесные экосистемы.

Под рекреационным лесопользованием (РЛП) понимается комплекс явлений, возникающих в связи с эксплуатацией леса для массового отдыха, связанных с его воздействием на рекреантов и последних – на него. Определение рекреационного использования