

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУПЕРАТОРОВ С ПАРОДИНАМИЧЕСКИМИ ТЕРМОСИФОНАМИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. В. Родин

*Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель А. В. Шаповалов, канд. техн. наук, доц.

В настоящее время уделяется большое внимание снижению потребления промышленными предприятиями тепловой и электрической энергии, повышению КПД промышленных установок, а также улучшению экологической обстановки.

Данная проблема частично решается путем возвращения части сбрасываемого тепла от технологических процессов обратно в производство.

Для утилизации тепла применяются рекуператоры различных конструкций. Но у каждого типа рекуператоров есть свои недостатки, такие как:

- наличие движущихся элементов, которые потребляют электроэнергию;
- перетоки загрязненного теплоносителя в область с чистым теплоносителем;
- сложности при ремонте.

Все приведенные выше недостатки могут быть устранены путем применения рекуператоров на основе двухфазных высокоэффективных теплопередающих устройств, работающих по замкнутому испарительно-конденсационному циклу – пародинамических термосифонов [1]. Схема работы пародинамического термосифона представлена на рис. 1.

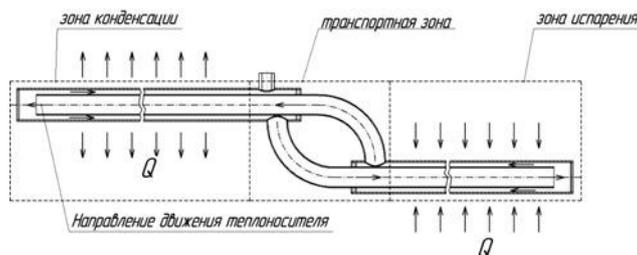


Рис. 1. Пародинамический термосифон

Исследования по разработке высокоэффективных теплопередающих устройств проводятся в лаборатории пористых сред Государственного научного учреждения «Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной академии наук Беларуси» и на кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология» Учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого».

Целью исследований является определение оптимальных геометрических размеров пародинамических термосифонов, проверка работоспособности устройств с различными теплоносителями при разных положениях в пространстве.

Методика исследования, а также экспериментальный стенд, описаны в работах [2], [3]. Результаты экспериментов представлены в работе [4].

На основании экспериментальных данных было установлено, что углы наклона устройства практически не влияют на работу пародинамического термосифона. Движущей силы пара хватает для продвижения конденсата в зону испарения.

Оптимальный объем жидкости внутри устройства должен быть не более половины объема испарителя. Для жидкостей, имеющих большие теплоемкость и удельное парообразование, этот объем может быть уменьшен.

Величина кольцевого зазора определяется из условия наибольшего коэффициента теплоотдачи от стенки к теплоносителю. Данное условие выполняется при кипении теплоносителя жидкости в стесненных условиях. Под стесненными условиями понимается режим, когда силы гравитации и капиллярные силы равны, размер отрывного пузыря соизмерим с размерами канала. Для воды при атмосферном давлении эта величина приблизительно равна 2,5 мм.

В качестве наружных труб термосифонов рекомендуется применять медные трубы внешним диаметром 15 мм с толщиной стенки 1 мм. Внутренние трубки – внешним диаметром 8 мм и толщиной стенки 1 мм. С такими размерами трубок обеспечивается кольцевой зазор соизмеримый с размерами отрывного пузыря пара, что улучшает теплообмен при пузырьковом кипении.

При проектировании рекуператоров с термосифонами каналы, по которым движется утилизируемый и нагреваемый теплоносители, должны быть максимально заполнены устройствами по сечению. Рекомендуемый шаг расположения термосифонов – 37 мм.

Возможны следующие схемы утилизации тепла с помощью рекуператоров на основе термосифонов:

1. Греющая среда – воздух, нагреваемая среда – воздух.

Такая схема может быть применена в системах вентиляции воздуха, где с помощью вытяжного воздуха можно подогревать приточный воздух. Также в качестве нагреваемой среды могут выступать дымовые газы.

2. Греющая среда – воздух, нагреваемая среда – жидкость.

Данная схема может быть реализована в случае, если необходимо подогреть небольшое количество жидкости по сравнению с объемом выбрасываемых газов. Либо в случае, когда жидкость выступает в качестве аккумулятора тепла.

3. Греющая среда – жидкость, нагреваемая среда – жидкость.

Может быть реализована, когда в качестве нагреваемой среды используются сточные воды, либо жидкость после технологических процессов, а нагреваемая жидкость – в качестве низкопотенциального источника обогрева.

4. Греющая среда – жидкость, нагреваемая среда – воздух.

Такая схема возможна, но трудно реализуема. Примером может служить утилизация тепла сточных вод для дальнейшего нагрева воздуха, подаваемого на сгорание топлива.

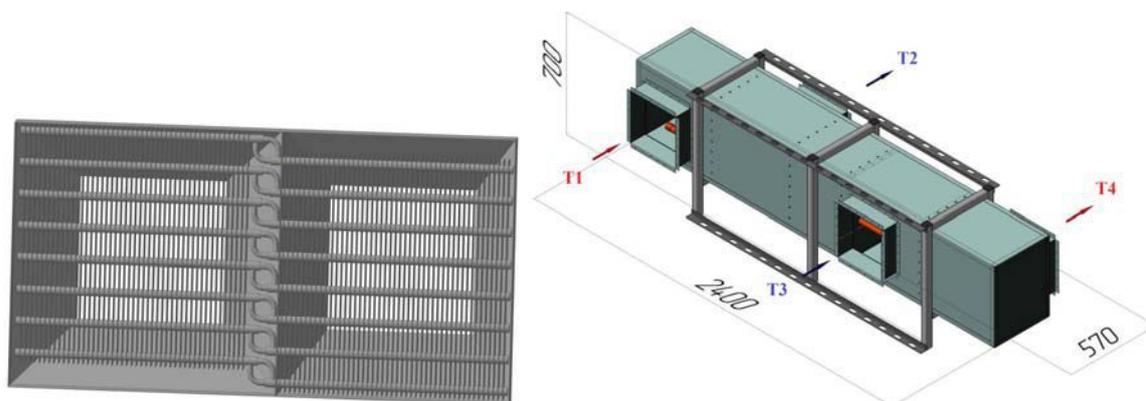


Рис. 2. Рекуператор со схемой работы «воздух»–«воздух»  
(предназначен для установки в системах вентиляции):

T1 – вход греющего теплоносителя; T2 – выход греющего теплоносителя;  
T3 – вход нагреваемого теплоносителя; T4 – выход нагреваемого теплоносителя

Некоторые примеры теплообменных аппаратов представлены в работе [5].



Рис. 3. Рекуператор со схемой работы «жидкость»–«жидкость»

**Заключение.** По сравнению с тепловыми трубами термосифоны не требуют применения сложных капиллярных структур и поэтому отличаются простотой в изготовлении, надежностью в эксплуатации, обладают высокими показателями максимальной теплопередающей способности.

Применение высокоэффективных систем использования уходящего и низкопотенциального тепла на основе пародинамических термосифонов позволит сократить потребление первичных энергоресурсов, повысить КПД тепловых установок.

#### Литература

1. Пародинамические термосифоны и их применение в тепловом оборудовании различного назначения / Леонард Л. Васильев [и др.] // Тепло- и массоперенос-2013 : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси. Ин-т тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова. – Минск, 2014. – С. 12–16.
2. Исследование работы пародинамического термосифона / Леонард Л. Васильев [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2013. – № 3. – С. 93–100.
3. Родин, А. В. Экспериментальный стенд для получения характеристик пародинамического термосифона / А. В. Родин // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых, Гомель, 24–25 апр. 2014 г. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013. – С. 204–207.
4. Шаповалов, А. В. Результаты экспериментального исследования пародинамического термосифона / А. В. Шаповалов, А. В. Родин, Р. Н. Жихарев // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2015. – № 3. – С. 58–64.

5. Использование теплообменников на тепловых трубах для кондиционирования, в области пищевой промышленности и холодильной техники / Л. Л. Васильев [и др.] // Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2014. – № 3. – С. 85–90.