Несоответствие воды в точках водозабора может быть обусловлено состоянием сетей водоснабжения, требуется промывка водопроводных сетей, кроме того, в данный горизонт попадает вода из верховодки.

Проведена оценка качества проб воды из артезианских скважин глубиной 100, 140 и 290 м. Определено повышенное содержание общего железа и величины мутности в двух пробах воды подземных горизонтов на территории г. Гомеля. Дана сравнительная характеристика качества воды подземных водоисточников по основным показателям для анализа возможного использования воды из скважин в качестве тела цикла ТЭЦ.

Литература

1. Ищук, А. В. Характеристика подземных вод / А. В. Ищук, А. Н. Садиров // Научное сообщество студентов : материалы VII Междунар. студен. науч.-практ. конф. – Чебоксары : ЧГУ. – 2016. – С. 15–18.
2. Корнев, А. Н. Проблемы загрязнения подземных вод Российской Федерацией / А. Н. Корнев, Л. А. Морозова // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Астрахань : АГУ, 2020. – С. 197–199.
3. Макеева, Е. Н. Анализ показателей качества артезианской воды в зависимости от глубины водоносного пласта / Е. Н. Макеева, К. А. Агунович // Вестник Гомельского государственного техничекого университета имени П. О. Сухого. – 2024. – № 3. – С. 45–52.

УДК 536.24

ВЫБОР ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ЗАМКНУТЫХ ДВУХФАЗНЫХ ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ СИСТЕМ

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

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

Произведен расчет показателя качества FOM, для выбранных R134a, R410a и R407c. Экспериментально определена зависимость термического сопротивления от подводимой тепловой нагрузки термосифона для выбранных теплоносителей. Выявлены наиболее значимые свойства теплоносителей, влияющие на процесс теплообмена в замкнутых двухфазных теплопередающих системах.

Ключевые слова: теплоноситель, теплофизические свойства, показатель качества FOM, термосифон.

CHOICE OF COOLANT FOR CLOSED TWO-PHASE HEAT TRANSFER SYSTEMS

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

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The calculation of the FOM quality index was performed for the selected R134a, R410a and R407c. The dependence of the thermal resistance on the supplied thermal load of the thermosiphon for the selected heat carriers has been experimentally determined. The most significant properties of heat carriers affecting the heat transfer process in closed two-phase heat transfer systems have been identified.

Keywords: coolant, thermophysical properties, figure of merit, thermosyphon.

Применение замкнутых двухфазных теплопередающих систем в системах охлаждения теплонапряженного оборудования [1–3] является актуальным направлением, так как двухфазные термосифоны достаточно просты по своей конструкции, надежны и автономны.

Предметом исследования является модель термосифона, разработанная на кафедре «Промышленная теплоэнергетика и экология».

Объектом исследования является процесс теплообмена в термосифоне.

Целью работы является выбор наилучшего теплоносителя для двухфазных теплопередающих устройств расчетным методом и экспериментальное исследование процесса теплообмена в термосифоне, заправленном различными теплоносителями.

В качестве низкотемпературных теплоносителей можно использовать спирты, эфиры, фреоны. На сегодняшний день насчитываются десятки видов фреонов, но в промышленности используют несколько – R134a, R404a, R410a и R407c.

Теплопередающая способность термосифона зависит от теплопроводности, теплоемкости, скрытой теплоты парообразования, вязкости, поверхностного натяжения теплоносителя.

Расчет показателя качества FOM (figure of merit) авторами [1, 4] предлагается для выбора оптимального теплоносителя для различных установок:

$$\mathrm{FOM} = \left(r \lambda_l^3 \rho_l^2 \mu_l^{-1} \right)^{0.25}, \qquad (1)$$

где r – теплота парообразования, Дж/кг; λ_1 – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К); ρ_1 – плотность, кг/м^3; μ_1 – динамический коэффициент вязкости, Па · с.

Расчет, произведенный по (1) на основании данных, представленных в табл.1 показал, что оптимальным теплоносителем является фреон R410a (рис. 1).

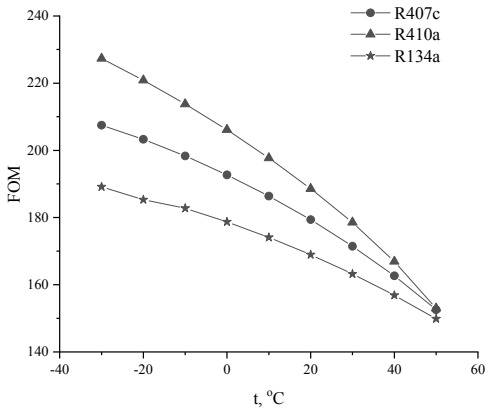

Рис. 1. Расчет FOM для выбранных теплоносителей

Экспериментальное исследование процесса теплообмена. Работа замкнутого двухфазного теплопередающего устройства подразумевает наличие фазовых переходов – испарение и конденсация. При определении FOM учитываются только теплофизические свойства теплоносителя в состоянии жидкости, что в полной мере не учитывает особенностей работы термосифона.

Для подтверждения результатов (рис. 1) и возможности их применения на практике, в рамках данной работы было проведено экспериментальное исследование работы термосифона, заправленного различными теплоносителями.

Методика проведения экспериментов изложена в [5, 6]. Условия проводимых экспериментов: теплоноситель – R134a, R410a, R407c; объем заправки – 500 мл; угол наклона термосифона относительно горизонтальной плоскости – 0º, 90º; подводимая тепловая нагрузка к испарителю: 0–128 Вт;

Следует отметить, что наиболее значимой характеристикой работы термосифона является его термическое сопротивление. Термическое сопротивление R, Вт/°С·м2 определяется по формуле

$$R = \frac{t_н - t_к}{q}, \ \frac{°Cм^2}{Вт}, \tag{2}$$

где q – теплового поток, отнесенный к единице площади поверхности, Вт/°С·м^2; $t_н$ – температура в начале исследуемого участка термосифона, °С; $t_к$ – температура в конце исследуемого участка термосифона, °С.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

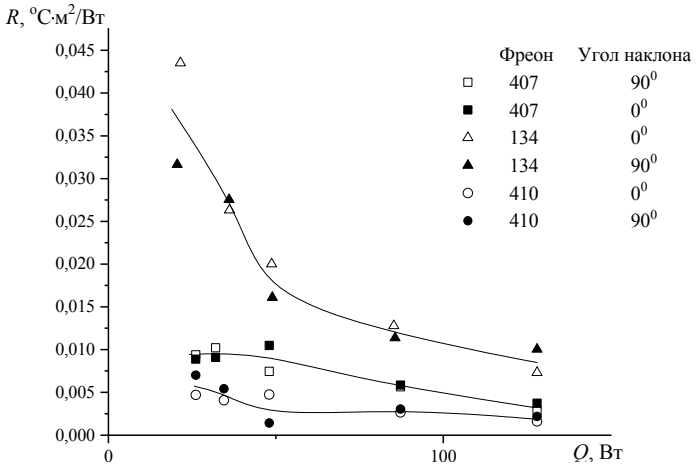

Рис. 2. Зависимость термического сопротивления от подводимого теплового потока

Результаты расчета и экспериментальные данные совпадают, что позволяет сделать заключение о возможности использования показателя качества FOM для выбора теплоносителя для замкнутых двухфазных теплопередающих систем.

Установлено, что при выборе теплоносителя для замкнутых двухфазных теплопередающих систем необходимо отдавать предпочтение теплоносителям с большей теплотой парообразования и теплоемкостью и меньшей плотностью и динамической вязкостью. Рабочий интервал температур должен соответствовать средней части указанного диапазона.

По результатам данной работы в качестве низкотемпературного теплоносителя для экспериментальных исследований выбран озонобезопасный фреон R410a.

Литература

1. Heat Pipes: Theory, Design and Applications / H. Jouhara, D. Reay, R. McGlen [et al.]. – Butterworth Heinemann, Oxford, 7th Edition, 2023, 352 p.
2. Автономные устройства с испарительно-конденсационным циклом для терморегулирования теплонагруженной аппаратуры / Л. Л. Васильев, А. С. Журавлев, М. А. Кузьмич

[и др.]. – Elektronnaya Obrabotka Materialov, EOM. – 2024. – Vol. 60, N 1. – P. 89–97. –DOI 10.52577/eom.2024.60.1.089

3. Chilbule, P. V. Heat pipe integrated solar thermal systems and applications: A review / P. V. Chilbule, L. P. Dhole // Materials Today: Proceedings. – Vol. 60, N 3. – 2022, P. 1491–1496.
4. Faghri, A. Heat Pipe Science and Technology / A. Faghri. – Global Digital Press, Second Edition, 2016. – 1056 p.
5. Шаповалов, А. В. Результаты экспериментального исследования пародинамического термосифона / А. В. Шаповалов, А. В. Родин, Р. Н. Жихарев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2015. – № 3. – С. 58–64.
6. Результаты экспериментального исследования теплообмена в термосифонном элементе с оребренной поверхностью конденсатора при изменении условий расположения элемента в пространстве / А. В. Шаповалов, Т. Н. Никулина, Н. М. Кидун, В. В. Чернявская // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2022. – № 4. – С. 73–77.