

<sup>1</sup>А.А. Вассерман, доктор техн. наук; <sup>2</sup>А.С. Бойчук, аспирант<sup>1,2</sup>Одесский национальный морской университет, ул. Мечникова, 34, г. Одесса, Украина, 65029e-mail: <sup>1</sup>avas@paco.net; <sup>2</sup>boychart@i.uaORCID: <sup>1</sup>http://orcid.org/0000-0001-8147-8417; <sup>2</sup>http://orcid.org/0000-0003-2783-7129**ВЯЗКОСТЬ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ СМЕСИ ХЛАДАГЕНТОВ R32/R134A**

Составлены уравнения, описывающие экспериментальные данные о вязкости и теплопроводности смеси хладагентов R32/R134a. Уравнения отображают зависимость вязкости и теплопроводности этой смеси от температуры, плотности и состава. Они позволяют рассчитывать вязкость в интервалах температур 298...423 К до давления 7,6 МПа при докритических и 246...330 К — до 2,6 МПа при сверхкритических плотностях. Теплопроводность описана в интервалах 298...423 К до давления 6,3 МПа при докритических и 193...323 К — до 30 МПа при сверхкритических плотностях. Средние квадратические и максимальные отклонения опытных данных от рассчитанных не превышают 3,0 и 5,0 % для вязкости и 2,5 и 4,9 % для теплопроводности.

**Ключевые слова:** Хладагент. Смесь R32/R134a. Вязкость. Теплопроводность. Уравнения.

**1. ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в холодильных установках применяются не только чистые фреоны, но и их смеси, что позволяет достигать необходимого уровня охлаждения. Перспективной является смесь широко распространенных фреонов R32 и R134a. Данная смесь малотоксична, невзрывоопасна, неагрессивна к конструкционным материалам, не содержит хлора, имеет нулевой потенциал разрушения озона и обладает благоприятными теплофизическими свойствами.

Для гидравлических и тепловых расчетов теплообменной аппаратуры холодильных установок весьма важными являются данные о вязкости и теплопроводности рабочих веществ. В настоящей работе составлены уравнения, описывающие экспериментальные данные об указанных свойствах смеси R32/R134a.

**2. ВЯЗКОСТЬ СМЕСИ R32/R134A**

Вязкость смеси хладагентов R32/R134a экспериментально исследована в области параметров, важной для холодильной техники. В табл. 1 приведены ссылки на литературные источники [1–3], количество опытных данных, их интервалы по температуре и давлению, а также мольная доля R32 в смеси. Для сокращения размеров таблицы во втором столбце указан только первый из авторов публикации.

Поскольку экспериментальные данные представлены в двух областях плотностей, были составлены два

уравнения для вязкости, действующие соответственно при докритических и сверхкритических плотностях.

На основании экспериментальных данных [3] для смеси при плотностях до 300 кг/м<sup>3</sup> составлено уравнение, позволяющее рассчитать вязкость смеси R32/R134a в зависимости от температуры, плотности и состава в интервале температур 298...423 К при давлении до 7,6 МПа. Это уравнение по аналогии с уравнением, полученным в [4], имеет вид:

$$\eta_{\text{mix}} = x_1 \eta_1 (1 + a_{11} \rho_1 + a_{12} \rho_1^2 x_1 \eta_1) + x_2 \eta_2 (1 + a_{21} \rho_2 + a_{22} \rho_2^2 x_2 \eta_2), \quad (1)$$

где  $\eta_{\text{mix}}$ ,  $\eta_1$  и  $\eta_2$  — вязкости смеси и компонентов, мкПа·с;  $x_1$  и  $x_2$  — мольные доли компонентов;  $\rho_1$  и  $\rho_2$  — плотности R32 и R134a, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициенты  $a_{ij}$  уравнения (1) приведены в табл. 2.

**Таблица 1.** Сведения об экспериментальных данных о вязкости смеси R32/R134a

Год	Автор и источник	Число точек	Интервалы параметров		Мольная доля R32 в смеси
			T, К	p, МПа	
1993	Риппл [1]	15	252,05...304,55	1,164...1,864	0,481...0,495
2001	Лассек [2]	148	246,07...335,10	0,236...2,620	0,3; 0,7
2004	Йокояма [3]	329	298,15...423,15	0,101...7,563	0,2502; 0,4760; 0,7500