

УДК 532.13:544.021:547.4:546.16

Сравнение аналитических моделей определения вязкости для гидрофторэфиров

Молчанов Тимофей Игоревич^(*)

molchanovti@bmstu.ru

Кукшинов Николай Владимирович

kukshinov@bmstu.ru

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Проведено экспериментальное исследование зависимости вязкости фторсодержащих жидкостей от температуры. Приведены аналитические зависимости для описания вязкости жидких органических соединений. Предложены модификации моделей для точного расчета вязкости для гидрофторэфиров.

Ключевые слова: кинематическая вязкость, экспериментальное исследование, аналитические модели, эмпирические зависимости, гидрофторэфиры

Введение. В настоящее время гидрофторэфиры рассматриваются как перспективный теплоноситель в различных технических системах. Для изучения процессов кипения данного теплоносителя необходимо знать его теплофизические свойства, включая вязкость. В отличие от газов, для которых существуют разработанные теоретические модели расчета вязкости, аналогичной строгой теории для жидкостей не существует. Это обусловлено принципиальными различиями в их поведении. Несмотря на теоретические разработки, ни одна модель не дает точного расчета вязкости. На практике применяют полуэмпирические методы, сочетающие теоретические предпосылки, эмпирические корреляции, аппроксимацию по известным физическим свойствам.

Методы и материалы; результаты. Аналитические зависимости, описывающие вязкостные свойства жидкостей, обычно включают структурно-зависимые коэффициенты, отражающие особенности химического строения вещества. Подобные корреляции имеют сугубо эмпирическое происхождение и выводятся исключительно на основе обработки экспериментальных данных. В научной литературе представлено значительное количество эмпирических зависимостей данного типа, большинство из которых представляют собой модификации классических методов, таких как методы Оррика — Эрбара (средняя погрешность 16 %), Морриса (14 %), Томаса (21 %) и Ван-Вельцена — Кардозо — Лангенкампа (17 %) [1, 2]. В настоящей работе будут рассмотрены методы Оррика — Эрбара и Морриса как предпочтительные с точки зрения средней погрешности расчета на основании 40 проверенных органических жидкостей.

Метод Оррика — Эрбара использует групповые составляющие A и B в уравнении:

$$\ln \frac{\nu}{M} = A + \frac{B}{T}, \quad (1)$$

где ν — кинематическая вязкость жидкости, сСт; M — молекулярная масса; T — температура, К.

Метод Морриса также использует групповые составляющие с дополнительными константами:

$$\lg \frac{\mu}{\eta_+} = J \left(\frac{1}{T_r} - 1 \right), \quad T_r = \frac{T}{T_c}, \quad J = \sqrt{\left(0,0577 + \sum_i (b_i n_i) \right)}, \quad (2)$$

где μ — динамическая вязкость жидкости, сП; η_+ — «псевдокритическая вязкость», сП; T_r — приведенная температура; T_c — критическая температура, К; J — функция структуры; b — групповая составляющая; n — число групповых (структурных) составляющих.

На основании экспериментальных данных зависимости кинематической вязкости от температуры для гидрофторэфилов HFE-7000 и HFE-7100 предложены модификации метода Оррика — Эрбара (константы A и B уравнения (1)) и Морриса (η_+ в уравнении (2)). Результаты по средним отклонения приведены в таблице.

Среднее отклонение методов определения вязкости

Жидкость	Среднее отклонение, %			
	Оррик — Эрбар	Мод. Оррик — Эрбар	Моррис	Мод. Моррис
HFE-7000	30	20	35	2
HFE-7100	40	8	30	1

Закключение. Проведено сравнение экспериментальных данных зависимости кинематической вязкости от температуры для фторсодержащих жидкостей с аналитическими моделями Оррика — Эрбара и Морриса. Предложенная модификация модели Морриса обеспечивает среднее отклонение не более 2 % для гидрофторэфилов HFE-7100 и HFE-7000.

Список источников

- [1] Reid R.C., Sherwood T.K. The Properties of Gases and Liquids. New York, McGraw-Hill Book Company Inc., 1958, 337 p.
- [2] Viswanath D.S., Natarajan G. Viscosity of Liquids: Theory, Estimation, Experiment, and Data. Berlin, Springer, 2007, 732 p.