

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ *n*-ГЕКСАНА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ

Щемелёв А.П., Голубева Н.В., Самуйлов В.С.

Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий  
г. Могилев, Республика Беларусь

Исследование термодинамических свойств *n*-гексана представляет большой интерес, так как он является эффективным рабочим телом для средне- и высокотемпературных органических циклов Ренкина. Органический цикл Ренкина – это эффективная технология для использования тепла низкотемпературных источников (биомасса, солнечная энергия, геотермальная энергия и т.п.). Преобразование низкопотенциального отработанного тепла в электроэнергию позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды, вызванное использованием традиционных топливно-энергетических ресурсов.

Основным преимуществом *n*-гексана, как рабочего тела органического цикла Ренкина, является его высокая критическая температура  $T_k=507.68$  К [1]. Жидкости с более высокими критическими температурами обеспечивают повышенную эффективность, приводят к более высоким коэффициентам расширения, а также требуют более низких массовых расходов рабочего тела в системе.

Для *n*-гексана имеется значительное число экспериментальных данных по плотности. Однако основная масса имеющихся литературных данных получена в основном при атмосферном давлении и в узком диапазоне температур. При этом данные по плотности в широком диапазоне температур и давлений можно использовать для проверки работоспособности уравнений состояния.

Измерение плотности *n*-гексана было выполнено на экспериментальной установке, в которой реализован один из самых точных относительных методов с использованием U-образной колеблющейся трубки. Принцип действия таких приборов основан на измерении периода резонансных колебаний трубки заполненной исследуемой жидкостью. Приборы с колеблющейся трубкой отличаются высокой надежностью и воспроизводимостью результатов измерений. Однако точность измерений с использованием данного оборудования зависит от точности поддержания и измерения температуры и давления, а также методов их калибровки.

В основе установки лежит ячейка плотномера НРМ Anton-Paar. Резонансный период колебаний U-образной трубки измерялся вторичным прибором mPDS 2000 V3. Ячейка помещена внутри сухоблочного термостата. Температура экранов термостата, окружающих теплоизолированную ячейку, во время эксперимента имеет температуру близкую к температуре ячейки, что минимизирует ее теплопотери.

Измерение температуры производилось при помощи платинового термометра сопротивления Hart Scientific (model: 5608) и измерителя температуры МИТ 8.15 компании ИзТех. Термометр установлен в отверстие в центре плотномера. Погрешность измерения температуры не превышала 0.02 К.

Давление создавалось одновременно прессом, заполненным исследуемой жидкостью и масляным прессом грузопоршневого манометра МП-2500. Отсутствие разности давлений в плотномере и манометре контролировалось нуль-индикатором Ruska 2417-800. Погрешность измерения давления образцовым грузопоршневым манометром второго разряда МП-2500 не превышает 0.05%.

Плотномер был откалиброван по модели, предложенной Bouchot и Richon [2]. Некоторые изменения были внесены в оригинальную процедуру калибровки, подробно описанную [3].

Выполненные оценки показали, что погрешность определения плотности составляет 0.03%.

В качестве исследуемого образца использовался *n*-гексан производства Fluka. По данным хроматографии, предоставленным производителем, *n*-гексан имел чистоту по массе основного вещества более 0.99.

В результате проведенных экспериментальных исследований получены данные по плотности для жидкого *n*-гексана в диапазоне температур 298.15–433.15 К и давлений 0.1–100.1 МПа.

В табл.1 приведены результаты измерения плотности *n*-гексана при различных температурах и давлениях.

Проведенное сравнение измеренных значений плотности для чистого *n*-гексана показало хорошее согласование с имеющимися литературными данными.

Таблица 1 - Экспериментальные данные по плотности жидкого *n*-гексана при различных температурах, *T*, и давлениях, *p*

<i>p</i> , МПа	<i>T</i> , К							
	298.15	313.15	333.15	353.15	373.15	393.15	413.15	433.15
0.1	654.89	641.10	622.04	–	–	–	–	–
0.5	655.28	641.57	622.61	–	–	–	–	–
5.1	660.26	647.18	629.25	610.56	591.23	570.73	548.97	525.37
10.1	665.24	652.72	635.70	618.14	592.70	581.54	562.21	541.86
20.1	674.24	662.63	647.02	631.13	615.16	598.84	582.38	565.54
40.1	689.57	679.23	665.47	651.68	638.12	624.38	610.85	597.27
60.1	702.45	692.98	680.46	667.99	655.82	643.60	631.69	619.79
80.1	713.67	704.84	693.22	681.69	670.52	659.30	648.44	637.64
100.1	723.66	715.35	704.40	693.59	683.00	672.69	662.59	652.56

#### Список использованных источников

1. Mousa, A.H. The physical properties of highly purified samples of propane and *n*-hexane / A.H. Mousa // The Journal of Chemical Thermodynamics. – 1977. – Vol. 9, is. 11. – Pp. 1063–1065.
2. Bouchot, C. An enhanced method to calibrate vibrating tube densimeters/ C. Bouchot, D. Richon // Fluid Phase Equilib. – 2001. – Vol. 191, is. 1–2. – Pp. 189–208.
3. Liquid density measurements of cumene, tert-butylbenzene, and hexadecane over wide ranges of temperature and pressure / T.S. Khasanshin [et al] // Fluid Phase Equilib. – 2018. – Vol. 463. – Pp. 121–127.