

приборе используется принцип регистрации "баллистических кривых", т.е. отклика калориметра на подачу в измерительную ячейку с исследуемым материалом короткого теплового импульса, длительность которого значительно меньше постоянной времени прибора. При помощи такого экспериментального приема может быть определено время распространения тепла в исследуемом образце, которое является функцией от температуропроводности материала. Определение теплоемкости производится путем измерения разности тепла, запасенного в исследуемом и эталонном веществах после прекращения нагрева образцов в двух ячейках калориметра. Исследование проводится в режиме сканирования температуры от  $-196\text{НС}$  до  $0\text{[C]}$ , что позволяет измерять зависимость величин  $a$  и  $c$  от температуры. Исследование биологических жидкостей, растворов криозащитных веществ показали сильную температурную зависимость их теплофизических характеристик  $a$  и  $c$ . Указанные характеристики зависят, кроме того, и от термической предыстории образца, что объясняется высокой склонностью исследуемых материалов к переохлаждению и образованию метастабильных фаз ниже  $0\text{ C}$ . Зависимость теплофизических характеристик от термической предыстории характерно для большинства биологических материалов при низких температурах.

Таким образом, в настоящее время нельзя предсказать общих закономерностей в температурных зависимостях величин  $a$  и  $c$ ; для биологических материалов и при разработке низкотемпературных биотехнологий их следует измерять в каждом конкретном случае экспериментально с целью оптимизации процессов теплообмена.

УДК 544

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПЛОТНОСТИ, ВЯЗКОСТИ И СКОРОСТИ ЗВУКА В 1-БРОМ, 1-ХЛОР И 1-ЙОДЗАМЕЩЕННЫХ Н-АЛКАНАХ**

*О. С. Рыштва, Ю. А. Неручев, М. Ф. Болотников*

**Курский государственный университет  
Курск, Россия**

Экспериментальное изучение органических жидкостей и их растворов способствует расширению наших представлений об особенностях межмолекулярного взаимодействия и структуры жидких диэлектриков. Наличие у молекул полярных компонентов дипольных моментов может в значительной степени повлиять на интенсивность ММВ и послужить причиной возникновения ассоциированных комплексов.

Проведенный анализ литературных источников показал, что имеющиеся данные по плотности и вязкости моногалогенозамещенных  $n$ -алканов носят фрагментарный характер. Скорость звука в указанных объектах ранее не измерялась. В связи с этим, в рамках принятой программы исследований, авторами проведено изучение температурной зависимости плотности, вязкости и скорости звука 25 представителей 1-бром, 1-хлор и 1-йодалканов в температурном интервале от 243.15 до 423.15 К.

Плотность определялась с помощью кварцевого пикнометра объемом  $52.4890\text{ см}^3$ . Кинематическая вязкость измерялась капиллярными вискозиметрами с диаметром капилляров 0.53 и 0.76 мм. Время истечения жидкости через капилляр фиксировалось электронным секундомером с погрешностью  $\pm 0.01\text{ с}$ . Термостатирование исследованных жидкостей в интервале температур от 245.15 до 313.15 К осуществлялось с помощью прецизионного криостата KRJOVIST (Termex, Россия), а в интервале температур от 313.15 до 423.15 К с помощью прецизионного термостата VIS-T (Termex, Россия). Контроль температуры осуществлялся эталонным платиновым термометром-сопротивления ЭТС-100, сопротивление которого измерялась прецизионным преобразователем сигналов термометра сопротивления и термопар Теркон (Termex, Россия). Полученные в ходе эксперимента данные были подвергнуты статистической обработке. С учетом ошибок отнесения погрешности значений плотности и кинематической вязкости соответственно составляли 0.005% и 0.5%. Скорость звука измерялась импульсно-фазовым методом одного фиксированного расстояния с погрешностью 0.1%.

Анализ и обсуждение экспериментальных данных по динамической вязкости 1-бромалканов проведены в рамках закона соответственных состояний.

УЖ 534.2:547.26

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ЗВУКА В ЖИДКИХ Н-АЛКАНАХ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 298–433 К И ДАВЛЕНИЯХ ДО 100 МПА**

*Т.С. Хасанишин, А.П. Шемелев, О.Г. Поддубский, В.С. Самуилов*

**УО «Могилевский государственный университет продовольствия»  
Могилев, Республика Беларусь**

На основе ранее существующей была создана новая экспериментальная установка для исследования скорости звука в жидкостях. В установке реализуется метод непосредственного измерения времени прохождения импульса. Основным элементом экспериментальной установки является

акустическая ячейка, представляющая собой две пьезокерамические пластины из ЦТС-19 диаметром 0.02 м с резонансной частотой 3 МГц, разделенные калиброванной по длине трубкой. Длина акустической базы определялась калибровкой с использованием прецизионных данных о скорости звука в воде.

При определении скорости звука вводились поправки на изменения длины акустической базы с температурой и давлением, на дифракцию и волноводный эффект.

Измерения скорости звука производилось при помощи многофункционального измерительного комплекса УНИПРО, в состав которого входят генератор импульсов произвольной формы и цифровой осциллограф. Давление измерялось грузопоршневым манометр МП-2500 класса 0.05. Измерение и поддержание температуры производилось при помощи прецизионного многоканального измерителя температуры МИТ-8 в комплекте с образцовым платиновым термометром сопротивления 1-го разряда ПТС-10 и прецизионного регулятора температуры РТП-8.1. Погрешность измерения температуры не превышает 0.02 К. Погрешность измерения скорости звука составляет 0.1 %.

Проведено исследование скорости звука в жидких н-гексане, н-декане, н-гексадекане при температурах 298-433 К и давлениях до 100 МПа. В качестве образцов для исследования были выбраны н-алканы с чистотой по массе основного продукта более 99 % производства фирм «Fluka» и «Aldrich».

Полученные значения скорости звука были аппроксимированы уравнением в зависимости от температуры и давления. Среднее квадратичное и максимальное отклонение экспериментальных величин от рассчитанных значений не превышает соответственно 0.03 % и 0.07 %.

Проведено сравнение полученных экспериментальных величин с литературными данными. Расхождение наших результатов от наиболее надежных литературных данных в области возможного сравнения не превышает 0.1-0.4 %, что лежит в пределах суммарной погрешности экспериментов.

УДК 534.22

### **СКОРОСТЬ ЗВУКА В ВОДЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 303–433 К И ДАВЛЕНИЯХ ДО 100 МПа**

*Т.С. Хасанишин, О.Г. Поддубский, А.П. Щемелев, В.С. Самуйлов*

**УО «Могилевский государственный университет продовольствия»**

**Могилев, Республика Беларусь**

В последние годы для определения термодинамических свойств газообразных и конденсированных сред все более широкое применение находит метод, основанный на использовании в качестве основного параметра - скорость звука.

Распространение данного метода обусловлено, прежде всего, развитием техники измерения скорости звука при повышенных параметрах и использованием связи скорости звука с сжимаемостью вещества. Наши исследования и исследования других авторов в этой области показывают перспективы акустических измерений для исследования термодинамических свойств веществ. Эти соображения и послужили основанием для выбора акустической величины в качестве основного исследуемого свойства.

Для измерения скорости звука в жидкой воде при высоких давлениях разработана экспериментальная установка по методу наложения эхо-импульсов. Основным элементом установки является акустическая ячейка, представляющая собой две пьезокерамические пластины из ЦТС-19 диаметром 0.02 м с резонансной частотой 3 МГц, разделенные калиброванной по длине трубкой. Для измерения давления применены грузопоршневые манометры. Измерение температуры жидкостного термостата производится с помощью платинового термометра сопротивления. Погрешность измерения температуры составляла 0.02 К, давления 0.05%.

Длина акустической базы при атмосферном давлении и температуре 303.15 К составляла 0.049593 м. При расчете экспериментальных значений вводились поправки на изменение длины акустической базы с температурой и давлением, на дифракцию и волноводный эффект. Влияние дисперсии звука по проведенным оценкам было пренебрежимо мало и в расчете скорости звука не учитывалось. Измерения проводились по изотермам при понижении или повышении давления. При этом отличие в величинах скорости звука на всех исследованных изотермах не превышало 0.005%.

Измерения скорости звука выполнены при температурах от 303.15 до 433.15 К и давлениях от 0.1 до 100.1 МПа. Погрешность определения скорости звука не превышала 0.1%.

Проведено сравнение полученных значений скорости звука с литературными данными. Расхождение результатов наших измерений с наиболее надежными литературными данными находится в пределах 0.08%. Отклонение лежит в пределах погрешности нашего эксперимента.

Полученные результаты по скорости звука совместно с литературными данными описаны аналитическим уравнением в форме, удобной для использования его для расчета термодинамических свойств.