

ЛИНЕЙНЫЕ И НЕЛИНЕЙНЫЕ УПРУГИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ
В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР (20-0) °С

А.Г. Пионткевич, А.И. Коробов

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия
simple2k@mail.ru

Вода является самой распространенной жидкостью на нашей планете. Она обладает рядом интересных свойств, одним из которых является нелинейная зависимость плотности и коэффициента теплового расширения от температуры. Известно, что максимальная плотность воды достигается при 4°C, а коэффициент теплового расширения при 4°C меняет знак [1-3]. Отсюда следует ожидать, что линейные и нелинейные акустические свойства воды в окрестности 4°C будут иметь особенность.

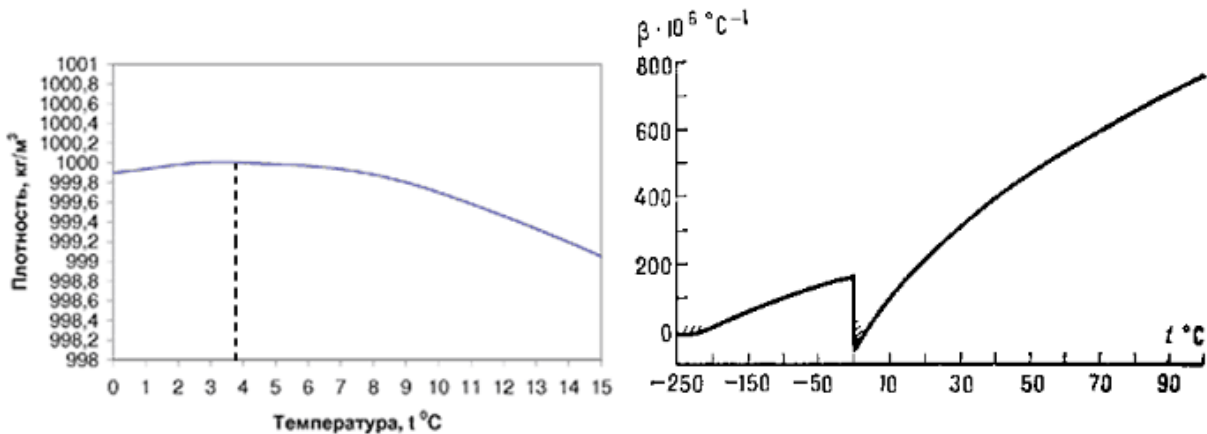


Рис.1. Зависимость плотности и коэффициента теплового расширения от температуры

Поэтому целью работы является экспериментальное исследование линейных и нелинейных упругих свойств дистиллированной воды в интервале температур (20-0)°С. Для проведения экспериментальных исследований нами использовалась автоматизированная экспериментальная установка, блок схема которой приведена на рис. 2. Ультразвуковые измерения проводились с помощью специализированного комплекса Ritec RAM-5000, в котором реализован импульсный режим. Для измерения нелинейных упругих свойств материалов использовался спектральный метод. Он основан на измерении эффективности генерации акустической волны второй гармоники (частоты 2F) [4-5]. Измерительная ячейка представляла собой две плоскопараллельные пластины, закрепленные на четырех металлических стойках. На одной из пластин был расположен излучающий пьезопреобразователь с резонансной частотой 5 МГц, на противоположной - принимающий преобразователь с резонансной частотой 10 МГц. Сигналы

основной частоты и частоты второй гармоники оцифровывались, и вводились в компьютер. Преобразователи были изготовлены из ниобата лития.

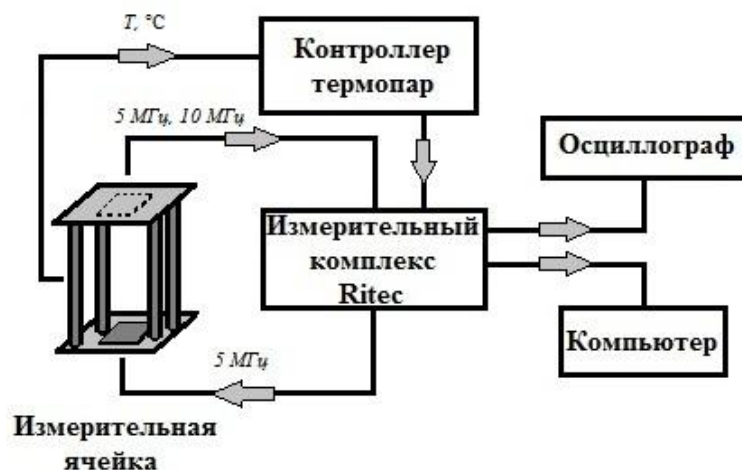


Рис.2. Блок схема установки

Ячейка целиком помещается в цилиндрическую емкость с водой, что позволяет компенсировать тепловое расширение воды. Емкость с водой для охлаждения помещалась в массивный латунный термостат, который размещался в сосуде Дьюара с жидким азотом. Температура измерительной ячейки регулировалось изменением расстояния между термостатом и поверхностью жидкого азота. Скорость изменения температуры при охлаждении не превышала $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Температура измерялась с помощью термопары, сигнал с которой усиливался контроллером температуры и поступал в компьютер. Сигналы основной частоты и второй акустической гармоники оцифровывались, и также вводились в компьютер для математической обработки и архивации экспериментальных данных. Все измерения проводились в автоматическом режиме.

Нами экспериментально исследована температурная зависимость амплитуд основной частоты и второй акустической гармоники в дистиллированной воде при охлаждении в интервале температур $(20-0)^{\circ}\text{C}$. Перед каждым экспериментом она отстаивалась в течение суток, чтобы как можно больше неизбежно присутствующих в ней примесей осаживалось на дно, а поверхность преобразователей не была покрыта пузырьками воздуха, мешающими акустическому контакту. Термопара помещалась непосредственно в воду и закреплялась там. Затем ячейка погружалась в пары азота. Результаты измерения температурной зависимости амплитуд основной частоты и второй акустической гармоники приведены на рис. 3.

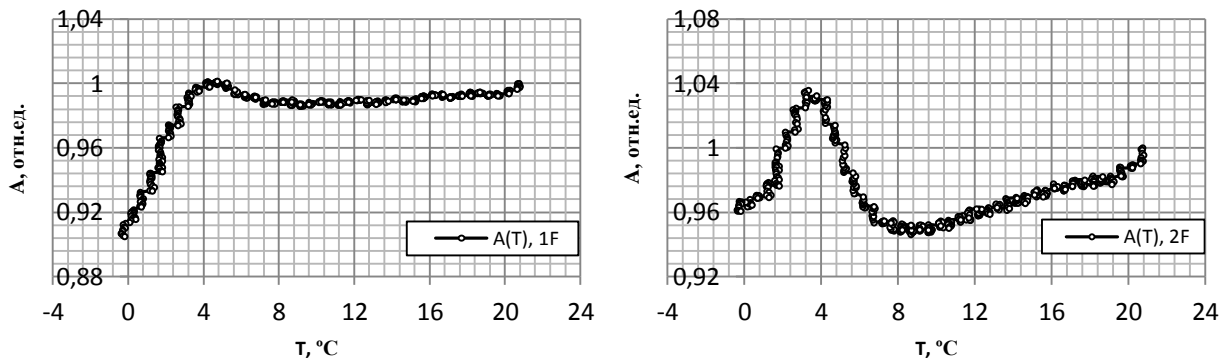


Рис.3. Зависимость амплитуд первой и второй гармоник акустической волны

Нами было обнаружено anomальное поведение амплитуд волн первой и второй гармоник в зависимости от температуры вблизи 4°C (рис.2). Амплитуды первой и второй гармоник в окрестности 4°C имеют максимум. Амплитуда второй гармоники с понижением температуры в интервале температур $(20-8)^{\circ}\text{C}$ плавно уменьшается на 5% относительно начального значения, а затем в интервале $(8-4)^{\circ}\text{C}$ возрастает на 9% и затем снова уменьшается. Температурная зависимость амплитуды второй гармоники коррелирует с температурной зависимостью коэффициента теплового расширения в области 4°C . Anomального поведения скорости продольных волн в окрестности 4°C обнаружено не было. Проводится обсуждение результатов эксперимента.

Работа выполнена при поддержке гранта президента РФ НШ-2631.2012.2, гранта РФФИ № 12-02-00349-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прохоров А.М. Большая физическая энциклопедия, том 1. Москва 1988. 699 с.
2. Эйзенберг Д., Кауцман В. Структура и свойства воды. Гидрометеоздат, Ленинград 1975. 280 с.
3. Таблицы физических величин. Под ред. Кикоина И.К. Атомиздат, Москва 1976, 1232 с.
4. Зарембо Л.К., Красильников В.А. Введение в нелинейную акустику. Наука, Москва 1966, 521 с.
5. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. Наука, 1984. 403 с.