

**ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ХЛАДАГЕНТОВ  
В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 173-273 К**

**Клименко С.Ю.** (ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»

**Научный руководитель – к.т.н. Митропов В.В.** (ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Метод монотонного теплового режима относится к часто используемому нестационарному методу экспериментального исследования теплопроводности газов и жидкостей. Теоретические положения метода разрабатывали такие известные ученые как Г.М. Кондратьев, А.В. Лыков, О.А. Краев, А.Г. Шашков, А.Н.Гордон, Н.А. Ярышев, Е.С. Платунов. Следует отметить, что этот тепловой режим используется экспериментаторами также для измерения теплоемкости и температуропроводности. Основным преимуществом метода является возможность в одном эксперименте получить полную зависимость измеряемого свойства от температуры.

Идея метода состоит в плавном разогреве или охлаждении тел в широком диапазоне изменения температур со слабопеременным полем скоростей внутри образца жидкости. Такой режим можно рассматривать как обобщение квазистационарного режима - регулярного режима второго рода

При нагревании (охлаждении) исследуемого образца в среде, температура которой изменяется по линейному закону с постоянной скоростью, температурное поле образца описывается уравнением Фурье.

При практической реализации метода монотонного разогрева для измерения теплофизических свойств в широком диапазоне температур условие постоянства скорости разогрева нарушается: из-за зависимости свойств исследуемого вещества от температуры скорость разогрева не остается постоянной во времени и пространстве.

Для исследования теплопроводности холодильных агентов при низких температурах может быть использован метод монотонного разогрева с внутренним источником теплоты. Основным элементом экспериментальной установки является калориметр, состоящий из двух коаксиально расположенных цилиндров: наружного (блока) и внутреннего (ядра), изготовленных из высокотеплопроводного металла – меди. Слой исследуемого вещества находится между цилиндрами. Центрирование внутреннего цилиндра относительно наружного обычно осуществляется восьмью фторопластовыми (или из другого малотеплопроводного материала) штифтами диаметром порядка 1 мм (по четыре с каждой стороны). Для уменьшения торцевых утечек теплоты от ядра иногда используются пассивная защита в виде фторопластовых втулок, которые при необходимости могли обеспечивать дополнительное центрирование внутреннего цилиндра. Нагреватель ядра и спай термопар располагаются в заглушенных с одного конца тонкостенных капиллярах из нержавеющей стали, которые в свою очередь находились в сверлениях внутреннего и наружного цилиндров. В специальном сверлении наружного цилиндра размещается платинового низкотемпературный термометр сопротивления, необходимый для градуировки абсолютных термопар измерительной ячейки «по месту».

Калориметр окружается экраном, изготовленным из тонкостенного медного листа. На всей поверхности экрана равномерно располагается маломощный нагреватель, соединенный с исполнительным блоком высокоточного регулятора температуры. В качестве разбаланса использовался сигнал дифференциальной термопары, один спай которой находился на поверхности экрана, а торой – на наружной поверхности блока. Второй экран находится на капилляре, по которому измерительная ячейка соединялась с системами заполнения и вакуумирования экспериментального стенда. Экраны в совокупности с двухканальной системой автоматического поддержания нулевой разности температур позволяют наружному цилиндру аккумулировать всю теплоту, выделяемую нагревателем ядра, обеспечивая адиабатные

условия проведения эксперимента. Для уменьшения лучистого теплообмена с поверхности бока его поверхность полируются и хромируются. Блок с ширмами помещается в вакуумную камеру, в которой с помощью форвакуумного и диффузионного насосов поддерживается разряжение порядка  $0^{-5}$  мм рт. ст. Для создания в опыте отрицательных температур вакуумная камера с калориметром помещается в сосуд Дьюара с жидким азотом.

Мощность нагревателя внутреннего цилиндра обычно не превышает 10 Вт, обеспечивая скорость разогрева системы блок-ядро 0,005 – 0,008 К/с.