



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 12.06.80 (21) 2930110/18-25

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 07.03.82. Бюллетень № 9

Дата опубликования описания 07.03.82

(11) 911274

(51) М. Кл.³

G 01 N 25/18

(53) УДК 536.6

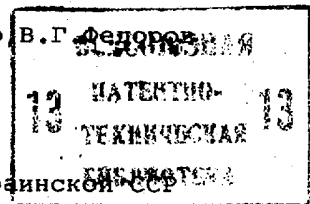
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

Т.Г.Грищенко, Л.В.Декуша, О.А.Герашенко, В.Г.Федорова
и В.И.Шаповалов

(71) Заявитель

Институт технической теплофизики АН Украинской ССР



(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ

Изобретение относится к теплофизическим измерениям и может быть использовано для определения теплопроводности жидкостей или газов.

Известно устройство для определения теплопроводности жидкостей или газов, содержащее два коаксиально расположенных медных цилиндра, причем внутренний цилиндр снабжен нагревателем, смонтированным по его оси, и отделен от наружного зазором в 0,3 мм, в который помещают исследуемое вещество. Для измерения перепада температур на слое исследуемого вещества использованы три дифференциальные термопары, включенных последовательно по электрическому сигналу, горячие спаи которых расположены на наружной поверхности внутреннего цилиндра. Устройство в собранном виде устанавливают в строго определенном положении в термостате. Принцип работы основан на том, что при заданной температуре жидкости и постоянной мощности нагревателя разность температур, измеряемая дифференциальными термопарами, однозначно связана с теплопроводностью исследуемого вещества $\lambda = f(\Delta t)$ при постоянной мощности, подводимой к калоримет-

рическому телу. Вид этой зависимости определяют градуировкой устройства по жидкостям с известными коэффициентами теплопроводности [1].

Недостатками устройства являются необходимость в измерении очень малых термоэдс термопар (5 - 10 мкВ), а также требование высокой точности определения и поддержания мощности нагревателя и температуры проведения экспериментов.

Известно также устройство для определения теплопроводности, содержащее два идентичных измерительных блока, каждый из которых оснащен термостатирующей камерой, выполненной в виде плоского проточного теплообменника, на поверхности которой установлен тепломер с датчиками температуры поверхности обреза, систему термостатирования и измерительную схему. Система термостатирования состоит из двух термостатов, каждый из которых подключен к своей термостатируемой камере, причем температуры термостатирования камер не равны между собой. Исследуемое вещество помещают в пластиковый пакет и зажимают между двумя измерительными блоками так, чтобы стенки

пакета по всей поверхности контактировали с тепломерами [2].

Недостатками этого устройства является необходимость в измерении малых разностей температур, а также неопределенность и нестабильность термического сопротивления контакта пластикового пакета с поверхностью тепломеров и необходимость проведения дополнительных опытов для определения термического сопротивления пакета.

Кроме того, значительное различие в сигналах тепломеров и термопар требует для их измерения применять различные вторичные приборы.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности является устройство для измерения коэффициента теплопроводности жидкостей или газов, содержащее нагреватель и холодильник, в данном случае охлаждаемую естественной конвекцией высокотеплопроводную пластину, между которыми установлены тепломеры с заданными термическими сопротивлениями, выполненные в виде плоских пластин, и расположена ячейка для исследуемого вещества, образованная поверхностью одного из тепломеров и профилированной пластиной из высокотеплопроводного материала, причем один из тепломеров установлен в контакте с нагревателем и холодильником, а другой - с нагревателем и исследуемой средой.

Для определения коэффициента теплопроводности исследуемой среды устройство погружают непосредственно в эту среду, включают электронагреватель и после наступления стационарного теплового режима регистрируют термоэдс тепломеров, а коэффициент теплопроводности рассчитывают по выведенным формулам.

Эта конструкция исключает необходимость измерения малых разностей температур, а высокая чувствительность тепломеров позволяет измерять термоэдс с малыми погрешностями. Метод позволяет применить делитель напряжения, шкала которого проградуирована непосредственно в единицах теплопроводности [3].

Недостатком этого устройства является большая продолжительность выхода на стационарный тепловой режим из-за того, что отвод тепла от охлаждаемой пластины, служащей холодильником, осуществляется естественной конвекцией.

Неоднородность температурного поля в ячейках с исследуемой средой ввиду того, что температура двух перпендикулярно расположенных поверхностей, ограничивающих объем ячейки, одина-

кова, создает предпосылки к возникновению конвективных токов, за счет чего резко снижается точность определения коэффициента теплопроводности. Кроме того, в устройстве сложно проводить очистку ячейки от исследуемой жидкости и уход за ее поверхностями.

Цель изобретения - повышение точности измерений.

Поставленная цель достигается тем, что в устройстве для определения теплопроводности жидкостей и газов, содержащем нагреватель и холодильник, между которыми расположены тепломеры, выполненные в виде плоских пластин и ячейка для исследуемого вещества, а также измерительную схему, тепломер, контактирующий с нагревателем, снабжен датчиком температуры, выполнен со сквозным центральным отверстием и смонтирован на пластине из высокотеплопроводного материала, укрепленной на тепломере, контактирующем с холодильником, при этом нагреватель выполнен съемным, а ячейка для исследуемого вещества образована поверхностью нагревателя, поверхностью пластины и внутренней боковой поверхностью тепломера, расположенного между ними, и снабжена сосудом с капилляром, соединенным с ней.

На фиг. 1 представлена схема устройства; на фиг. 2 - график зависимости между отношением теплопроводности (вещества и тепломера) и отношением измеряемых тепломерами плотностей теплового потока для разных значений отношений их площадей.

Устройство для определения теплопроводности жидкости или газа (фиг. 1) содержит тепломеры 1 и 2, смонтированные между холодильником 3 и съемным нагревателем 4, в качестве холодильника 3 могут быть использованы проточный теплообменник или термоэлектрическая батарея, реализующая эффект Пельтье. Тепломер 2 выполнен со сквозным отверстием по центру и смонтирован на пластине 5 из высокотеплопроводного материала (серебра, меди, алюминия), установленной на поверхности тепломера 1.

Для определения средней температуры исследуемого вещества в центре по толщине тепломера 2 смонтирован датчик 6 температуры. Для компенсации температурного расширения исследуемого вещества ячейка 7, образованная поверхностью нагревателя 4, боковой поверхностью тепломера 2 и поверхностью пластины 5, соединена капиллярной трубкой 8 с сосудом 9. Герметизация рабочей части устройства осуществляется уплотнительной прокладкой 10, имеется штуцер 11. Для заполнения рабочей ячейки исследуе-

мым веществом устройство снабжено дренажными каналами 12, а для удаления избытка жидкости из охранных полостей - каналами 13.

Устройство работает следующим образом.

Для определения теплопроводности жидкостей (особенно вязких) при снятом нагревателе 4 в ячейку 7 заливают исследуемое вещество так, чтобы жидкость полностью заполняла объем ячейки и поступила в сосуд 9, после чего устанавливают нагреватель 4 и прижимают его с усилием к поверхности тепломера 2. Избыток жидкости, попавшей в охранные полости, удаляется с помощью дренажных каналов 13. После сборки устройства с помощью нагревателя 4 и холодильника 3 обеспечивают необходимый температурный перепад, выбранный исходя из условия $GrPr < 1000$, который контролируют тепломером 2. После наступления стационарного теплового режима измеряют термоэдс тепломеров 1 и 2 и термодатчики. При необходимости исследования температурной зависимости коэффициента теплопроводности испытуемого вещества по окончании замеров изменяют температурный уровень термостатирования холодильника 3. Температурное расширение вещества устраняется при этом благодаря наличию капилляра 8 и сосуда 9.

Для определения теплопроводности газов устройство предварительно собирают и испытывают на герметичность по уплотнительной прокладке 10. После чего к каналу штуцера 11 подключают вакуумметр (не показан), к каналу 12 - вакуум-насос, а к каналу 13 - баллон с исследуемым газом. При перекрытом канале 13 из полостей устройства удаляют имеющийся в них воздух и, отключив вакуум-насос, открывают канал 13 и подают в полость исследуемый газ. Операцию откачки-наполнения повторяют 3 - 4 раза, после чего при перекрытом канале 12 заполняют рабочую ячейку исследуемым газом, контролируя его давление по вакуумметру. Измерения проводят по методике для жидкости.

Коэффициент теплопроводности рассчитывают по формуле:

$$\lambda = \lambda_0 \left[\frac{e + K_1 F_1}{e_2 K_2 (F_1 - F_2)} - \frac{F_2}{(F_1 - F_2)} \right], \quad (1)$$

полученной из решения следующей системы уравнений:

$$\begin{aligned} q_1 F_1 &= q_2 F_2 + q (F_1 - F_2) \\ q &= \frac{\lambda_T}{h_T} \cdot \Delta t; \\ q &= \frac{\lambda}{h} \cdot \Delta t; \\ q_2 &= e_i K_i, \quad i=1, 2, \quad h_T = h \end{aligned} \quad (2)$$

где F_1 и F_2 - площади тепломеров 1 и 2;

q_1, q_2 и q - плотности теплового потока, проходящего через тепломеры и исследуемое вещество;

λ_T и λ - коэффициенты теплопроводности тепломера 2 и исследуемого вещества;

$h = h_T$ - толщина исследуемого слоя вещества или величина зазора между поверхностями нагревателя 4 и пластины 5;

K_1 и K_2 - рабочие коэффициенты тепломеров 1 и 2;

e_1 и e_2 - термоэдс тепломеров 1 и 2.

Из анализа формулы (1) следует, что величина отношения сигналов e_1/e_2 , соответствующая определенному значению коэффициента теплопроводности вещества, зависит от значения величины λ_T, K_1 и K_2, F_1 и F_2 . График зависимости $\lambda/\lambda_T = f(q_1/q_2, F_1/F_2)$ приведен на фиг. 2. Из анализа формулы (1) следует, что с уменьшением отношения F_1/F_2 угол наклона линий уменьшается и стремится к величине $\pi/4$. При конструировании устройств необходимо учитывать это, но соблюдать условие, чтобы ширина стенок тепломера 2 была не меньше $10h_T$.

Так как величины K_1 и K_2, F_1 и F_2, λ_T и h_T являются постоянными для каждого конкретного устройства, то формула (1) может быть записана в виде:

$$\lambda = A e_1/e_2 - B, \quad (3)$$

где A и B - константы каждого конкретного устройства, определяющиеся путем градуировки по эталонным веществам.

При исследовании температурной зависимости коэффициента теплопроводности вещества λ необходимо учитывать изменение коэффициента теплопроводности тепломера 2 с изменением его температуры:

$$\lambda = (A e_1/e_2 - B) [1 + C(t - t_0)], \quad (4)$$

где C - коэффициент, учитывающий зависимость теплопроводности тепломера 2 от температуры, полученный экспериментально при опытах с эталонными материалами;

t_0 - температура при которой определяются константы (обычно комнатная или $0^\circ C$);

t - температура тепломера 2, измеренная датчиком 6 температуры.

Устройство обладает более высокой точностью за счет расположения тепломеров, при котором тепломер 2 и исследуемое вещество расположены между параллельными изотермическими

поверхностями, что обеспечивает однородность температурного поля слоя исследуемого вещества. Применение высокочувствительных термомеров позволяет отказаться от измерения малых разностей температур и проводить исследование при малых градиентах температур на слое при сохранении высокой точности измерения электрических сигналов. Наличие компенсационного сосуда в устройстве позволяет предотвратить отрыв жидкости от поверхности нагревателя при понижении температуры исследования. Это позволяет снизить относительную погрешность измерений до 1,8 % и проводить исследование в течение 10 - 15 мин. Объемный нагреватель позволяет упростить уход за устройством, облегчить доступ к рабочей ячейке и повысить точность результатов за счет исключения попадания посторонних примесей в исследуемое вещество.

Формула изобретения

Устройство для определения теплопроводности жидкостей и газов, содержащее нагреватель и холодильник, между которыми в контакте расположены термомеры, выполненные в

виде плоских пластин, и ячейка для исследуемого вещества, а также измерительную схему, отличающуюся тем, что, с целью повышения точности определения, термомер, контактирующий с нагревателем, выполнен со сквозным центральным отверстием, снабжен датчиком температуры и смонтирован на пластине из высокотеплопроводного материала, контактирующей с холодильником, при этом нагреватель выполнен съемным, а ячейка для исследуемого вещества образована поверхностью нагревателя, поверхностью пластины и внутренней боковой поверхностью термомера, расположенного между нагревателем и пластиной, снабжена сообщением с ней сосудом с капилляром.

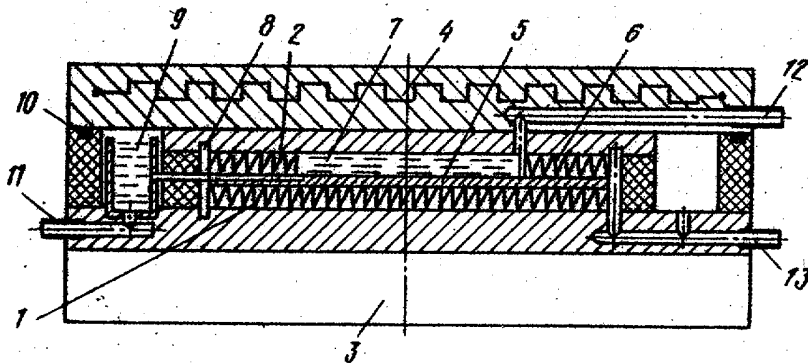
Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

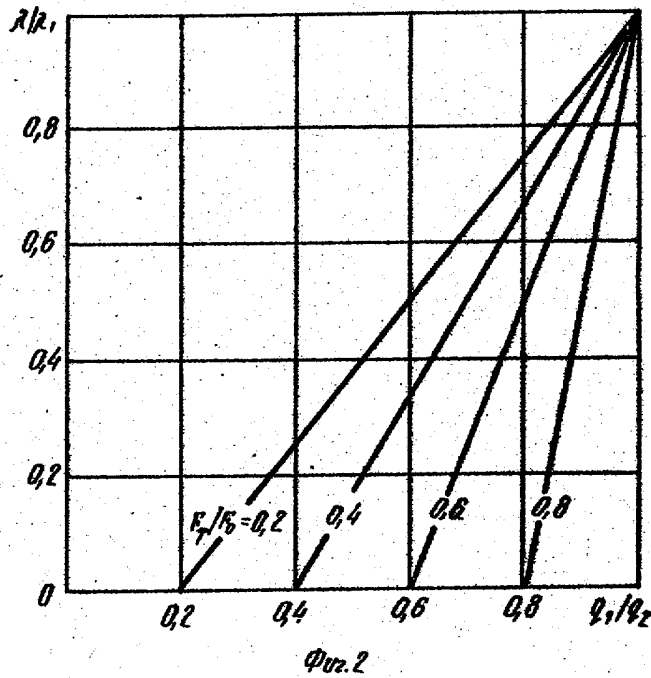
1. Амирханов Х.И., Адамов А.Г. и др. Теплопроводность углекислоты вдоль пограничной кривой, включая область критического состояния. - "Тепло- и массоперенос-1", Минск, т. 1, с. 105 - 108.

2. Авторское свидетельство СССР № 347643, кл. G 01 N 25/18, 1970.

3. Авторское свидетельство СССР № 262439, кл. G 01 N 25/18, 1963 (прототип).



Фиг. 1



Составитель Л. Свешникова
 Редактор О. Юрковецкая Техред М. Тепер Корректор А. Дзятко

Заказ 1109/28 Тираж 883 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4