

Е. С. ПЛАТУНОВ, И. В. БАРАНОВ, А. Е. ПЛАТУНОВ

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Представлено описание научно-исследовательской теплофизической лаборатории низких температур, в состав которой входят 14 стендов. Рассмотрен состав стендов, содержащих тепловые ячейки, контроллер и разнотипные термодатчики.

Ключевые слова: техника и физика низких температур, температурный датчик, тепловая ячейка.

В Санкт-Петербургском государственном университете низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУ НиПТ) создана многоцелевая научно-исследовательская теплофизическая лаборатория низких температур. Лаборатория предназначена в основном для проведения научных исследований в области экспериментальной низкотемпературной теплофизики, а также может использоваться и в учебном процессе.

В лаборатории могут быть исследованы:

- процессы теплоотдачи и конвекции в жидкостях (жидкий азот, вода);
- энтальпия, теплоемкость и теплопроводность различных групп материалов и веществ;
- теплота и кинетика фазовых и структурных превращений во влагосодержащих материалах (грунтовые породы, пищевые продукты и др.);
- электропроводность и термоэлектрические свойства металлов и полупроводников;
- инерционность температурных датчиков и т. п.

Основу лаборатории составляют 14 однотипных учебных стендов, которые являются настольными и переносными (один стенд занимает на лабораторном столе площадь около $0,2 \text{ м}^2$).

Каждый стенд оснащен многофункциональным управляющим электронно-вычислительным контроллером, двумя унифицированными пассивными термостатами и набором тепловых ячеек.

Общий вид лабораторного стенда показан на рис. 1. Корпус стенда выполнен в виде открытого каркаса, состоящего из основания 1 и полки 2, которые жестко связаны между собой четырьмя стержнями-стойками 3. На основании 1 расположен многофункциональный электронный контроллер 4. В гнездах полки 2 размещены два внешне одинаковых термостата 5 и 6. На лицевой панели полки, с внутренней ее стороны, укреплен блок „холодных спаев“ 7, связанный многожильным электрическим кабелем с контроллером 4. Гнезда блока „холодных спаев“ выведены на лицевую панель полки. Через них и блок „холодных спаев“ к контроллеру могут быть одновременно подключены восемь различных температурных датчиков 8, каждый из которых выполнен в виде гибкого двухжильного электрического шнура (на схеме показан один датчик). Это позволяет до начала эксперимента монтировать с помощью электрических шнуров чувствительные элементы датчиков и затем переносить их в соответствующий сосуд-термостат.

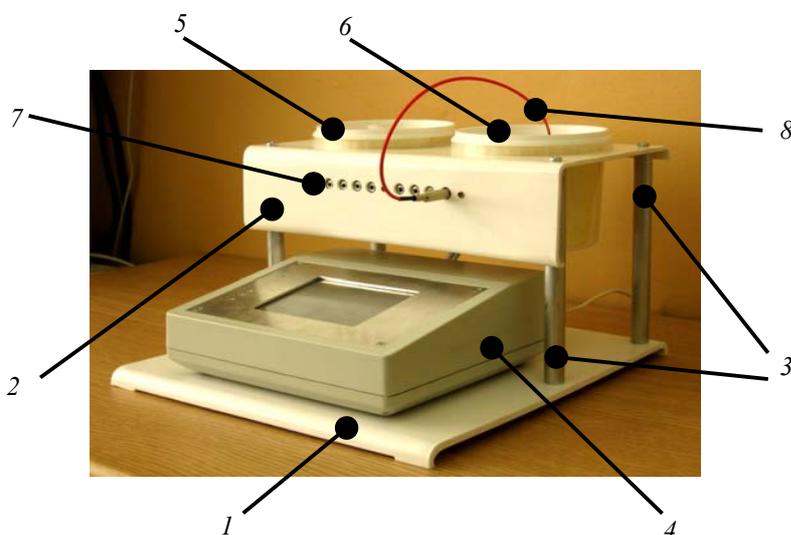


Рис. 1

Тепловые ячейки предназначены для проведения наиболее распространенных теплофизических измерений. Каждая тепловая ячейка позволяет проводить исследование отдельного теплового процесса. В частности, среди набора имеющихся ячеек достаточной универсальностью обладают ячейки, предназначенные для градуировки температурных датчиков и изучения их тепловой инерционности. Сюда можно причислить и те ячейки, в которых исследуются процессы теплоотдачи в жидкостях либо изучается теплоемкость или теплопроводность отдельных групп материалов. В качестве примера на рис. 2 представлена схема тепловой ячейки, предназначенной для измерений теплопроводности твердых неметаллических материалов в режиме бикалориметра. В схеме приведены следующие обозначения: 1 — тепловая изоляция; 2 — термостат; 3 — пластмассовая ампула; 4, 5 — температурные датчики; 6 — образец.

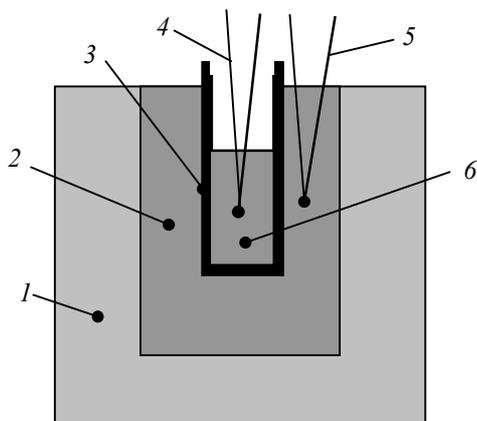


Рис. 2

Пассивные термостаты используются для обеспечения заданного температурного уровня. Оба сосуда являются съемными и конструктивно оформлены одинаково. Каждый из них имеет съемную крышку и тонкостенный металлический стакан. Полость между стаканом и

стенкой сосуда заполнена высокоэффективным теплоизоляционным материалом, защищающим стакан от теплообмена с окружающей средой. Один из термостатов обычно воспроизводит в опытах изотермическую среду с низкой температурой, а второй — среду с комнатной или более высокой температурой. В качестве источников „холода“ для низкотемпературного пассивного термостата служат жидкий азот (воздух), „сухой лед“ (сублимированный диоксид углерода) или смесь „вода — лед“. Во втором сосуде внутри стакана, как правило, размещен массивный металлический цилиндр, играющий в опытах роль активной в тепловом отношении изотермической среды с комнатной температурой. В этот сосуд можно также заливать горячую или даже кипящую воду. Таким образом, оба сосуда в совокупности позволяют исследовать тепловые процессы в широком интервале температур: от температуры кипящего азота (воздуха) до комнатной температуры, а при необходимости — и до температуры кипящей воды.

Встроенный в стенд многофункциональный контроллер решает обширный комплекс разноплановых задач, в частности:

- обеспечивает заданный оператором режим проведения опыта;
- одновременно и дискретно регистрирует изменяющиеся во времени показания восьми разнородных термоэлектрических датчиков (четырёх термопар, двух металлических термометров сопротивления, двух полупроводниковых микротермисторов);
- реализует запрограммированный оператором режим считывания показаний датчиков;
- преобразует электрические сигналы датчиков в измеряемые ими физические параметры (температуру, электрическое сопротивление и т. д.);
- выводит на жидкокристаллический дисплей графики изменения показаний датчиков (в милливольтгах);
- сохраняет в своей памяти массив экспериментальных данных, полученных в процессе одного или нескольких опытов;
- передает экспериментальные данные в базовый компьютер;
- обеспечивает обратную связь с базовым компьютером и подчиняется его командам;
- при необходимости может управлять работой внешнего электрического нагревателя (установленного в тепловую ячейку или в один из термостатов).

В контроллере использован 16-разрядный аналого-цифровой преобразователь с дополнительным усилителем, что обеспечивает чувствительность измерительного канала до 10 мкВ, а по температуре — до десятых и даже сотых долей кельвина. Временной интервал между замерами показаний температурных датчиков (шаг дискретности) может изменяться оператором в пределах от 1 с до нескольких минут.

Контроллер лабораторного стенда обычно работает автономно, но связан по локальной компьютерной сети с базовым компьютером. Экспериментальные измерения производятся непосредственно контроллером и передаются после завершения опыта в компьютер. Обработка первичных экспериментальных данных производится с помощью персональных компьютеров.

В заключение уместно обратить внимание читателя на то, что для проведения исследований в созданной лаборатории удобно использовать далеко не все известные в литературе методы теплофизических измерений. Стенды приспособлены в основном для изучения теплофизических свойств и процессов в динамическом или регулярном тепловом режиме. Исследуемый образец в процессе опыта обычно монотонно охлаждается или нагревается, находясь внутри одного из сосудов-термостатов, и температура образца в течение опыта плавно изменяется в интервале 90...350 К. Выбор динамического режима нагрева-охлаждения образцов объясняется простотой его реализации и высокой информативностью при малой длительности опыта. Подробное описание использованных в созданной лаборатории методов измерения теплофизических свойств можно найти в специальной литературе [1—4].

В создании лаборатории на разных этапах принимали участие заведующий кафедрой физики СПбГУ НИПТ С. Е. Буравой, а также сотрудники кафедры В. В. Курепин, В. А. Самолетов, С. С. Прошкин и А. А. Котов. Авторы выражают им свою глубокую признательность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платунов Е. С. Физика низких температур: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУ НИПТ, 2005. 258 с.
2. Теплофизические измерения и приборы / Е. С. Платунов, С. Е. Буравой, В. В. Курепин, Г. С. Петров / Под общ. ред. Е. С. Платунова. Л.: Машиностроение, 1986. 256 с.
3. Кондратьев Г. М., Дульнев Г. Н., Платунов Е. С., Ярышев Н. А. Прикладная физика: Теплообмен в приборостроении. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2003. 560 с.
4. Температурные измерения. Справочник / О. А. Геращенко, А. Н. Гордов, А. К. Еремина и др. Киев: Наук. думка, 1989. 704 с.

Сведения об авторах

- Евгений Степанович Платунов** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, кафедра физики
- Игорь Владимирович Баранов** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, кафедра физики; E-mail: barigor@mail.ru
- Алексей Евгеньевич Платунов** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра вычислительной техники; E-mail: platunov@lmt.ifmo.ru

Рекомендована кафедрой
физики СПбГУ НИПТ

Поступила в редакцию
18.01.08 г.