

ОБМЕН ОПЫТОМ. КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 677.017.56:001.891

Т. В. Струминская, М. В. Колосниченко

Киевский национальный университет технологий и дизайна,
01601 Украина, Киев, ул. Немировича-Данченко, 2

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© Т. В. Струминская, М. В. Колосниченко, 2013

В статье проведен анализ существующих методов экспериментальных исследований по определению теплофизических характеристик текстильных материалов, разработанная обобщенная схема проектирования приборов стала основой для создания устройства повышенной точности по измерению теплопроводности материалов, которые используются при изготовлении средств индивидуальной защиты ■

Ключевые слова ■ методы экспериментальных исследований, этапы проектирования приборов, теплофизические характеристики материалов, теплопроводность материалов

Planning of Experimental Researches of Thermophysical Descriptions of Textile Materials Determination

The article analyses the existing methods of experimental studies to determine the thermal properties of textile materials, developed a generalized scheme of designing devices became the basis for the creation of high-precision device for measuring thermal conductivity of the materials used in the manufacture of personal protective equipment ■

Key words ■ methods of experimental researches, stages of planning of devices, thermophysical descriptions of materials, the thermal conductivity of materials

При выборе материалов, которые используют в условиях высокотемпературной среды и создания теплозащитных пакетов в средствах индивидуальной защиты, необходимы методы и установки, позволяющие моделирование процессов эксплуатации. Причем эти методы экспериментальных исследований должны обеспечивать достаточно высокую точность оценки свойств материалов, близких к тем, что наблюдаются в реальных условиях [1].

Классифицируя методы исследований по определению термостойкости материалов можно выделить полуцикловые, одноцикловые и многоцикловые испытания.

К одноцикловым испытаниям принадлежат эксперименты, при которых образцы исследуют после полного цикла температурного воздействия «нагрузка — разгрузка — отдых», под определением термина «нагрузка» подразумевают влияние на образец источника высокой температуры. Полуцикловые испытания проводятся при одноразовом действии части цикла — влияние высокотемпературной среды. При многоцикловых исследованиях образцы исследуют в результате многократного воздействия полного цикла на материал. Известно, что предложенная классификация [2] включает в себя практически все существующие и возможные методы определения теплофизических свойств материалов и может использоваться при выборе наиболее объективного и обоснованного метода в зависимости от цели и задачи исследования.

Основными требованиями [3], предъявляемыми к общей методике определения теплозащитных свойств материалов и их пакетов, являются:

— методика исследований и условия испытания должны быть выбраны наиболее рационально, то есть они должны соответствовать поставленному заданию и учитывать наиболее значительные свойства и особенности материалов;

— одними из основных показателей теплозащитных свойств следует принять коэффициенты теплопроводности, теплопроводности и тепловое сопротивление;

— метод должен быть быстрым;

— погрешность метода при его реализации не должна превышать 5–7%;

— установка, для реализации метода, должна быть надежной, простой и удобной в процессе эксплуатации.

Известно, что все существующие многочисленные методы исследований материалов делятся на группы, основанные на принципе стационарного теплового режима, и группы, принцип которых состоит в нестационарности теплового воздействия (динамичности теплового влияния) [2, 3].

При проведении эксперимента методом нестационарного теплового режима образец исследуемого материала помещают в сменное во времени температурное поле. Эксперимент сводится к фиксации изменения



Рис. 1. Основные этапы проектирования приборов для определения теплофизических характеристик материалов

температуры системы во времени и расчета общими законами теплопередачи тепловых величин. Методы этой группы позволяют рассчитать коэффициенты теплопроводности, теплопроводности непосредственно или комплексно, а в некоторых случаях и показатель теплопроводности. Однако нестационарные измерения имеют свои недостатки, поскольку используя этот метод тяжело достичь высокой степени точности.

При испытании методом стационарного теплового режима образец исследуемого материала или пакета материала размещают в установке, в которой источник тепла постоянной мощности создает постоянное температурное поле. В результате этого в разных слоях образца пакета материала возникает разница установившихся температур. У методов этой группы есть определенные недостатки. Во-первых, во время измерения существует несоответствие процесса эксперимента реальным условиям эксплуатации средств индивидуальной защиты. Кроме того, стационарный режим не учитывает нелинейные свойства материалов, которые имеют место в реальных условиях динамического процесса прогрева, что, в свою очередь, приводит к снижению точности измерения. Во-вторых, методы этой группы исследований позволяют определить только коэффициент теплопроводности, поскольку в данном случае измерения проводятся после становления равновесия, которое занимает очень длительное время.

Выбор метода исследования обоснован требованиями к его производительности, точности измерений, диапазону температур и тепловых величин.

При проектировании средств индивидуальной защиты весьма точность измерения теплозащитных показателей текстильных материалов. К сожалению, существующие устройства, а также их структуры и методики для определения теплопроводности материалов не дают высокой точности измерений.

Благодаря анализу структур известных приборов для определения теплофизических показателей стало возможным создание обобщенной схемы проектирования, определяющей последовательность выполнения определенных этапов и связи между ними, конструктивных решений установок (рис. 1).

На основе анализа этапов проектирования приборов предложена структура устройства повышенной точности по измерению теплопроводности материалов для средств индивидуальной защиты от повышенных температур.

Устройство представляет собой усовершенствованную автоматизированную систему, которая разработана таким образом, что даже параметры, которые могут быть источником погрешности, не влияют на результат эксперимента. Структурная схема устройства представлена на рис. 2.

Устройство имеет три основных блока. Тепловой блок состоит из образца исследуемого материала, термомпары, металлической основы, электродов, медных колодок. Электроизмерительный блок включает в себя дифференциальный усилитель, аналого-цифровой преобразователь напряжения, цифровую оперативную память, программируемую постоянную память, ми-



Рис. 2. Структурная схема устройства для измерения теплопроводности текстильных материалов

кропроцессор, цифровой индикатор, цифро-аналоговый преобразователь напряжения. Во вспомогательный блок входят двухполюсный переключатель полярности и входящий распределитель напряжения.

Теплопроводность материала по кодам измерения и калибровки определяется по формуле:

$$\lambda_x = \frac{(N_{3k} + N_{2k} - 2N_{1k})\delta}{(N_3 + N_2 - 2N_1)\delta_k} \lambda_k$$

где $N_{1,2,3}$ — цифровые коды, полученные с помощью аналогово-цифрового преобразователя с преобразованного напряжения; δ — толщина исследуемого материала; λ_x — теплопроводность исследуемого материала; δ_k — толщина калиброванного материала; λ_k — теплопроводность калиброванного материала.

Результат измерений не зависит ни от первоначальной температуры исследуемого материала, ни от параметров термопары, а также коэффициента Пельтье, коэффициента усиления дифференциального усилителя (коэффициент, который учитывает долю тепла Джоуля), общего электрического сопротивления

электродов и рабочего конца термопары, площади поверхности рабочего конца термопары, что повышает точность измерения теплопроводности материалов.

Проведенное аналитическое исследование существующих экспериментальных методов по определению теплофизических характеристик текстильных материалов, а также анализ структур существующих приборов для определения теплофизических показателей позволил разработать обобщенную схему проектирования экспериментальных установок. Полученная схема стала базой для создания устройства повышенной точности по измерению теплопроводности материалов, которые используются при изготовлении средств индивидуальной защиты.

Список литературы

1. Колесников П. А. Теплозащитные свойства одежды. — М.: Легкая индустрия, 1965. — 346 с.
2. Смирнов П. М. исследования в области тепловых измерений и приборов. — Л.: Изд-во ЛИТМО. — 1958. вып. 21. — 314 с.
3. Платунов Е. С. Теплофизические измерения и приборы. — Л.: Машиностроение, 1986. — 255 с.