

УДК 623.52

Бабаев Д.Д., к.т.н., доцент

преподаватель

Московское высшее общевойсковое командное училище

Российская Федерация, г. Москва

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОХОВ

Аннотация: в статье описана разработанная автоматизированная лабораторная установка для определения теплофизических характеристик порохов и программное обеспечение к ней.

Ключевые слова: пороха, теплофизические характеристики, коэффициент теплопроводности, автоматизированная экспериментальная установка, теория теплового регулярного режима, эксперимент.

Babaev D. D., Ph.D. in Technology, associate Professor

teacher

Moscow higher combined arms command school

Russian Federation, Moscow

EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR DETERMINING THE THERMAL CHARACTERISTICS OF POWDERS

Abstract: the article describes a developed automated laboratory setup for determining the thermophysical characteristics of propellants and software for it.

Key words: gunpowder, thermophysical characteristics, thermal conductivity coefficient, automated experimental setup, theory of thermal regular mode, experiment.

В настоящее время исследования влияния условий эксплуатации метательных зарядов (МЗ) на их температурное поле и эффективность стрельбы артиллерийских орудий являются актуальными.

По своей структуре МЗ относятся к дисперсным системам, состоящим из твердой фазы (гильза, пороховые элементы, картонные изделия, флегматизатор и др.) и газовой фазы (воздушная смесь), поэтому передача тепла в таких системах осуществляется по сложному механизму и определяется кондуктивной теплопередачей, конвекцией воздушной смеси и излучением.

Задача нахождения температурного поля МЗ состоит в определении температуры в любой его точке с координатами $A(x,y,z)$ в любой момент времени τ .

Данная задача может решаться с использованием современного комплекса программного обеспечения SolidWorks и COSMOSWorks. Для этого необходимо знать теплофизические характеристики элементов, входящие в состав МЗ, в частности коэффициент теплопроводности λ , закон его изменения от температуры t и закон изменения температурных характеристик окружающей среды от времени τ .

Наиболее проблемным является экспериментальное определение коэффициента теплопроводности λ пороховых элементов МЗ и закона его изменения с требуемой точностью.

Предлагаемая экспериментальная установка для определения теплофизических характеристик порохов основана на теории теплового регулярного режима и позволяет определять темп охлаждения (нагрева) m пороха [1]. Далее коэффициент теплопроводности λ рассчитывается по зависимости

$$\lambda = \kappa \cdot m \cdot c \cdot \rho,$$

где κ - коэффициент формы исследуемого порохового заряда;

c – удельная теплоёмкость пороха;

ρ – плотность пороха.

Точность определения темпа охлаждения (нагрева) m пороха в основном будет зависеть от точности датчика температуры (термометра), способов снятия показаний температуры пороха и математической обработки данных. Использование ртутных лабораторных термометров ограничивает температурный диапазон исследования, так как они не применимы при температуре ниже минус 10°C , а спиртовые лабораторные термометры обладают недостаточной точностью. Кроме того, их использование не позволяет автоматизировать математическую обработку данных и увеличивает трудоемкость процесса, так как необходимо с минимальным периодом (не более одной минуты) измерять температуру пороха в течение не менее одного часа. Поэтому в разработанной установке используются полупроводниковые датчики температуры, имеющие линейную зависимость выходного сигнала от температуры, широкий диапазон (от минус 50 до плюс 150°C) и высокую точность измерения [2].

Экспериментальная установка состоит из водяного термостата ТВ1500, акалориметра и автоматизированного измерительного комплекса, в состав которого входит ЭВМ, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и полупроводниковый датчик температуры.

Принцип работы автоматизированного измерительного комплекса заключается в следующем. Аналоговый сигнал (напряжение) с датчика температуры поступает в АЦП, с помощью которого преобразуется в цифровой код, доступный для обработки на ЭВМ. Далее по разработанной программе цифровой сигнал распознается в ЭВМ и по соответствующему математическому аппарату рассчитывается коэффициент теплопроводности λ .

Работоспособность и точность автоматизированного измерительного комплекса обеспечивается согласованностью технических

характеристик его элементов. Разрешение АЦП в 12 бит и значение температурного коэффициента датчика температуры в $22,5\text{мВ}/^{\circ}\text{C}$ обеспечивают чувствительность комплекса в целом при диапазоне входного напряжения $10\text{В} - 0,22^{\circ}\text{C}$, что удовлетворяет требования точности экспериментальной установки.

Базовый комплект программного обеспечения разработчика АЦП не позволяет производить математическую обработку входного сигнала с датчика температуры на ЭВМ. Поэтому на основе библиотеки программных файлов разработчика АЦП создан программный продукт на языке программирования Borland C++ Builder.

Ввод исходных данных для расчетов и настройка режима работы АЦП осуществляется через меню пользовательского интерфейса программы, результаты расчетов сохраняются в файл. Объем памяти занимаемый одним файлом результатов расчета с частотой один раз в секунду в течении суток составляет 11 Мбайт.

Разработанная программа позволяет: 1) в режиме реального времени по соответствующему математическому аппарату рассчитывать теплофизические характеристики порохов; 2) производить обработку информации максимально по шестнадцати каналам одновременно или по выбранному пользователем их количеству; 3) регулировать частоту снятия показаний с датчика температуры, математической обработки и сохранения результатов в файл, что упрощает обработку результатов длительных экспериментов и уменьшает требования к свободному объему жесткого диска ЭВМ; 4) производить осреднение выходного сигнала с датчика температуры и выбирать режим работы АЦП на входной сигнал (аналоговый или дифференциальный), что повышает помехозащищенность комплекса в целом; 5) выбирать частоту дискретизации АЦП от 1кГц до 50кГц и регулировать, таким образом, чувствительность комплекса.

Точность определения температуры с использованием измерительного комплекса не превышает $0,25^{\circ}\text{C}$. Автоматизация

экспериментальной установки позволила снизить ошибку определения теплофизических характеристик порохов при вероятности 0,95 с 5,4% до 1,5%.

Таким образом, с использованием разработанного автоматизированного измерительного комплекса усовершенствована экспериментальная установка для определения теплофизических характеристик порохов, основанная на теории теплового регулярного режима. Она отличается от предыдущей версии возможностью автоматизированного сбора и обработки результатов эксперимента на ЭВМ.

Использованные источники:

1. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных систем. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. 456 с.
2. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. М.: Издательский дом «Додэка- XXI», 2005. 528 с.