

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ ГОРЕНИЯ** **КОРОЛЕВ Д. В., ПАНОВ И. А., СУВОРОВ А. К.**

**(САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ (ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ))**

Лабораторные исследования в области горения предполагают как изучение свойств компонентов, так и самого процесса горения. Значимыми характеристиками компонентов являются дисперсность и термические свойства. Достаточно полную картину процесса горения дает температурный профиль.

Разработаны лабораторные установки и программное обеспечение:

- для автоматизации микроскопического анализа дисперсного состава порошкообразных компонентов;
- для снятия и обработки данных дериватографического анализа в процессе неизотермического нагрева;
- для снятия и обработки температурного профиля волны горения.

В программно-аппаратном комплексе использованы плата ввода изображения Miro Video DC 20 Plus и плата АЦП — РС – LPM – 16.

Программные продукты реализованы в среде программирования Delphi 5.

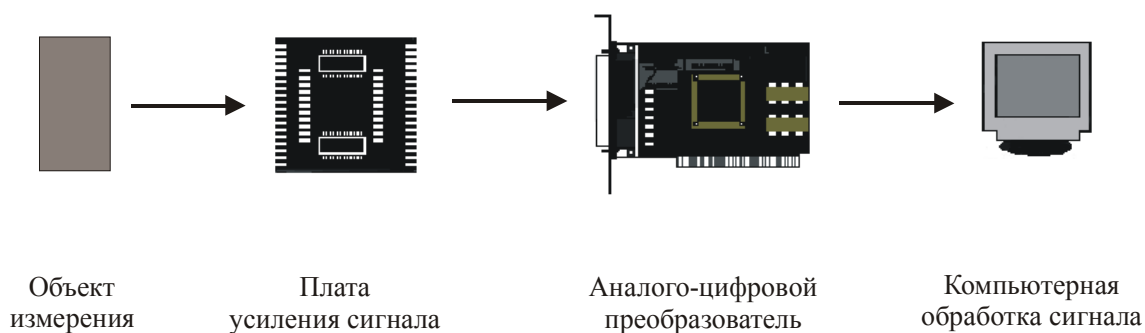
## AUTOMATION OF LABORATORY MEASUREMENTS DURING BURNING

Korolyov D. V., Panov I. A., Suvorov A. K.

Are developed the labware and software for automation of the microscopic analysis of dispersion structure of powders; for reception and data processing of the thermal analysis of substances during not isothermal heating; for reception and processing of a temperature structure of a wave of burning.

### ВВОД ДАННЫХ

Общую схему ввода данных можно представить следующим образом (рис. 1). Сигнал с объекта измерения усиливается и поступает на плату АЦП или видеозахвата. Затем производится регистрация и обработка сигнала при помощи компьютерной программы.



Построение схемы измерения на базе АЦП

## **МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММЫ “LITTLE 2”**

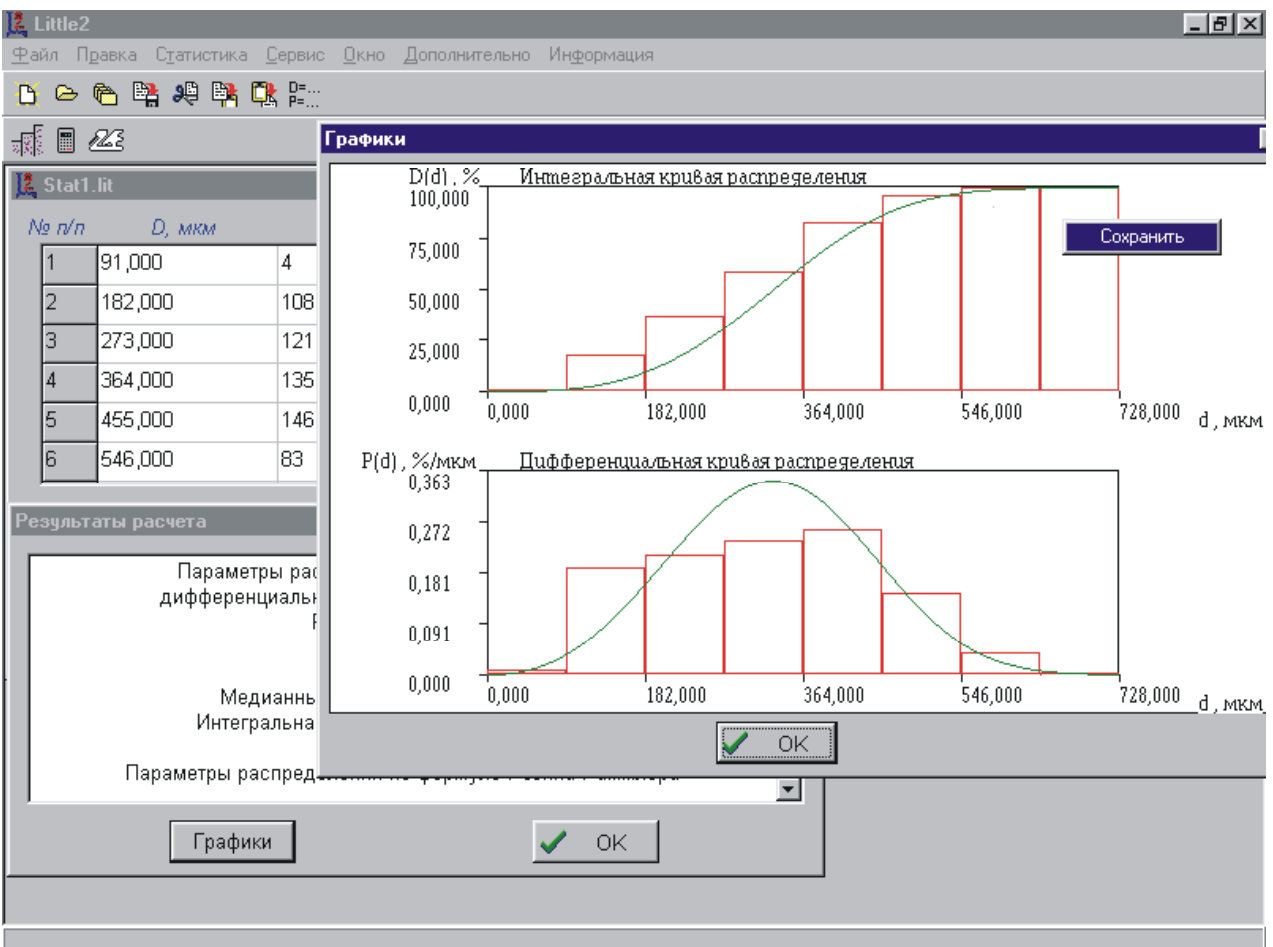
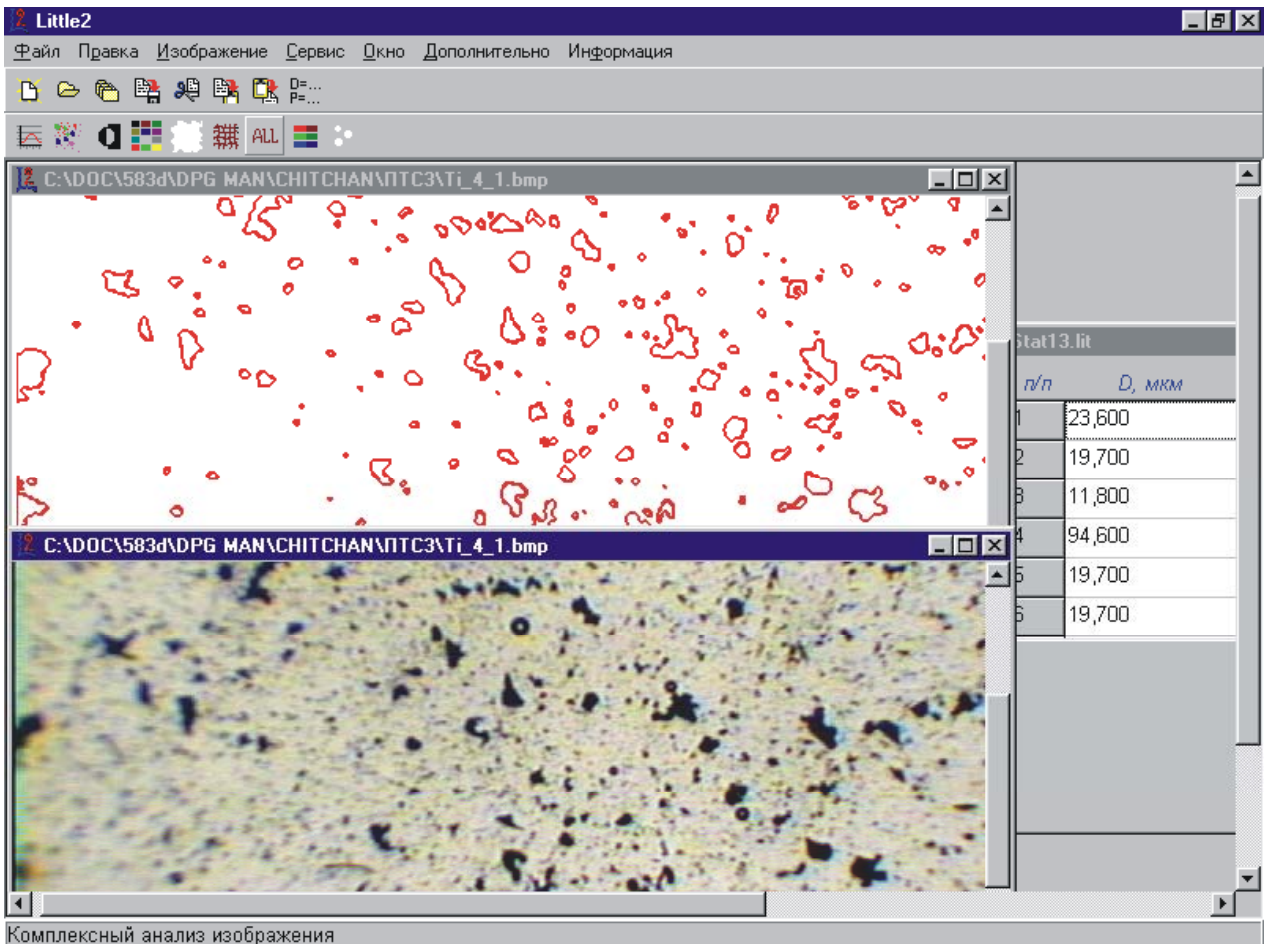
Разработанная программа, позволяет автоматизировать микроскопический анализ и решать следующие задачи: производить калибровку и вводить масштабный коэффициент; производить фильтрацию изображения; преобразовывать изображение в бинарное (черно-белое); анализировать изображение (определять размеры, число частиц и фактор формы) в автоматическом и ручном режиме; группировать данные, полученные при анализе изображения.

Для определения размеров частиц и фактора формы используется алгоритм прослеживания контуров [1], что существенно повышает надежность метода.

При группировке данных автоматически выбирается оптимальное число интервалов группирования (столбцов гистограммы) [2].

Реализовано описание дисперсного состава порошковых материалов при помощи одного из четырех уравнений: нормального, логонормального распределения; Розина-Раммлера; Годена-Андреева [3]

Программа позволяет автоматизировать микроскопический анализ дисперсного состава порошковых материалов.



Пример работы программы Little 2

## РЕГИСТРАЦИЯ И ОБРАБОТКА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММЫ “PROPHIL”

Разработанная программа позволяет: принимать информацию с АЦП; выбирать информативный участок кривой; определять ширину зон горения; рассчитывать теплофизические характеристики вещества в каждой зоне; определять температуру самовоспламенения в установившемся режиме горения; рассчитывать функцию тепловыделения; определять кинетические параметры процесса горения; выводить на экран исходный температурный профиль и графическую интерпретацию промежуточных и конечных результатов расчетов.

В процессе математической обработки исходного температурного профиля осуществляется: удаление шумов путем сглаживания; двойное дифференцирование информативного участка сигнала.

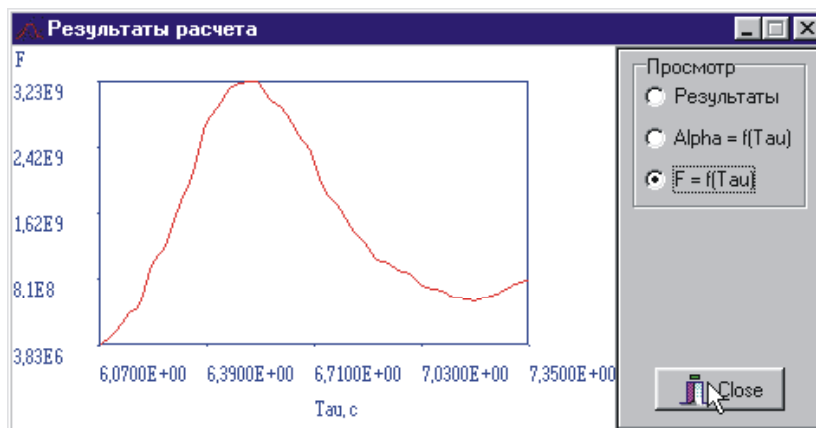
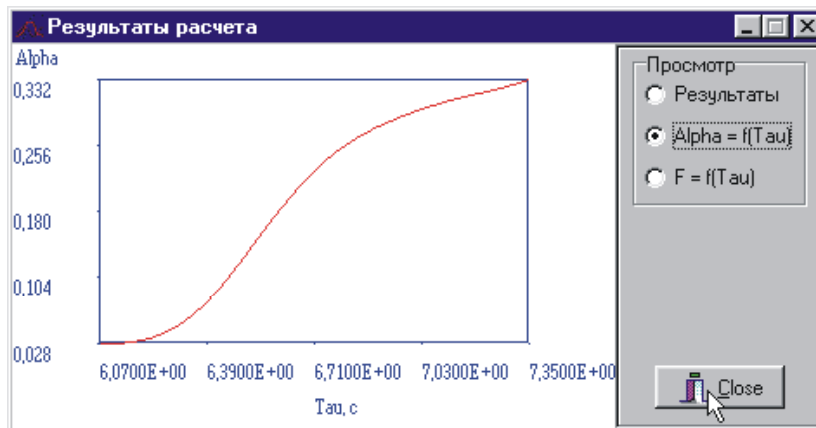
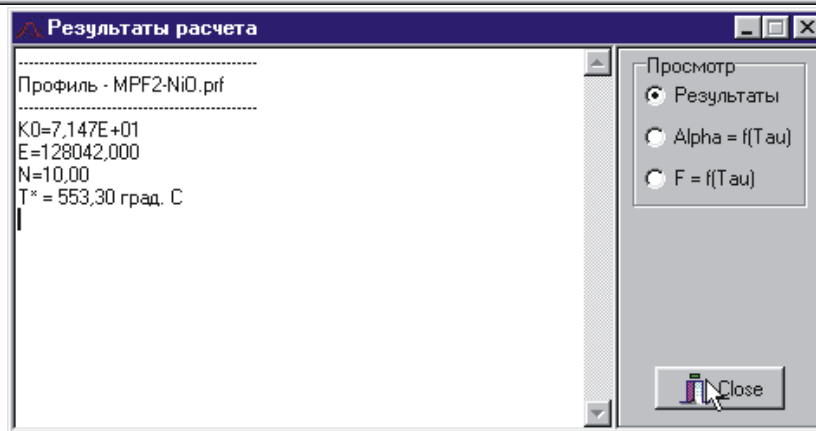
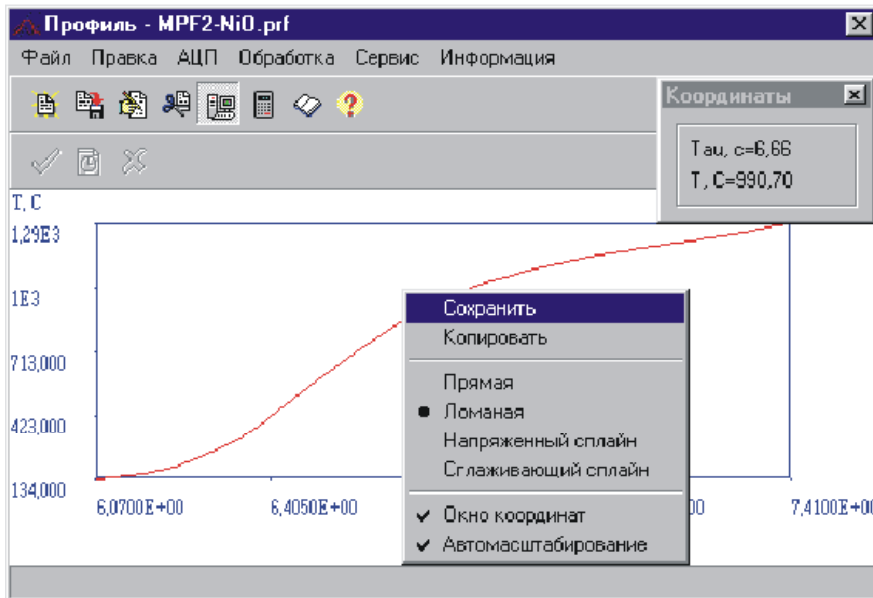
Сглаживание информативного участка кривой проводится с применением полинома [4] либо сплайна [5].

При дифференцировании информативного участка данные аппроксимируются кубическим сплайном, после чего вычисляются его производные в каждой точке.

Температура самовоспламенения ( $T_{cv}$ ) в установившемся режиме горения определяется, исходя из максимума первой производной на информативном участке кривой.

Функция тепловыделения и кинетические параметры процесса горения рассчитывается по методике [6].

Основным достоинством программы является возможность снятия температурных профилей быстропротекающих процессов горения и большая информативность получаемых данных.



Пример работы программы Profil

## РЕГИСТРАЦИЯ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММЫ “ТЕРМО”

Разработанная программа позволяет: принимать информацию с АЦП; выбирать информативный участок кривой; проводить предварительную обработку сигнала; определять кинетические параметры процесса и поправки к кривым; выводить на экран исходные данные и графическую интерпретацию промежуточных и конечных результатов расчетов.

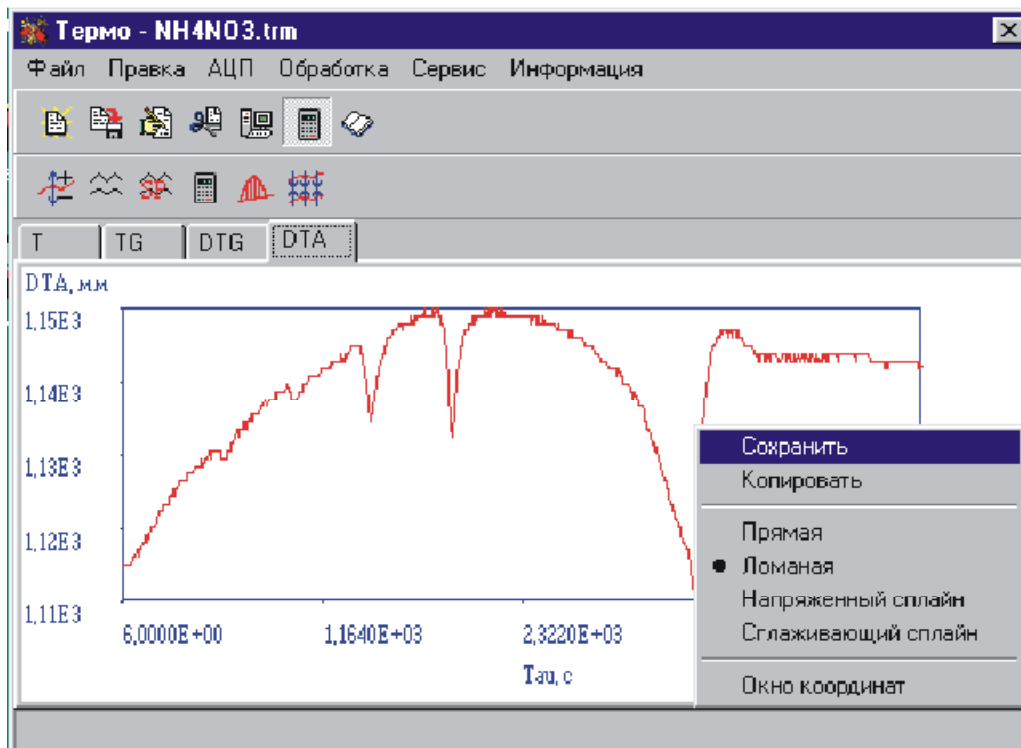
Обработка экспериментальных данных осуществляется тремя способами с использованием кривых  $T-TG$ ,  $T-TG-DTG$ ,  $T-DTA$ . Возможность использования в расчетах кривых  $T-TG-DTG$ , либо  $T-DTA$  позволяет повысить информативность эксперимента, поскольку реакции могут идти при незначительном изменении массы образца либо незначительном тепловыделении. Применение способа расчета по кривым  $T-TG$  позволяет избежать ошибок в случае сильного зашумления кривой  $DTG$ .

В процессе математической обработки вначале производится удаление шумов путем сглаживания, затем исходные данные преобразуются к функциям степени и скорости превращения.

При расчете кинетических параметров применяется одно из четырех наиболее часто используемые уравнения [7]: уравнение Аврами-Колмогорова-Ерофеева; уравнение порядка реакции; уравнение показательной функции; полное кинетическое уравнение.

Реализован метод нахождения поправки нулевой линии  $\Delta_{DTG}$ .

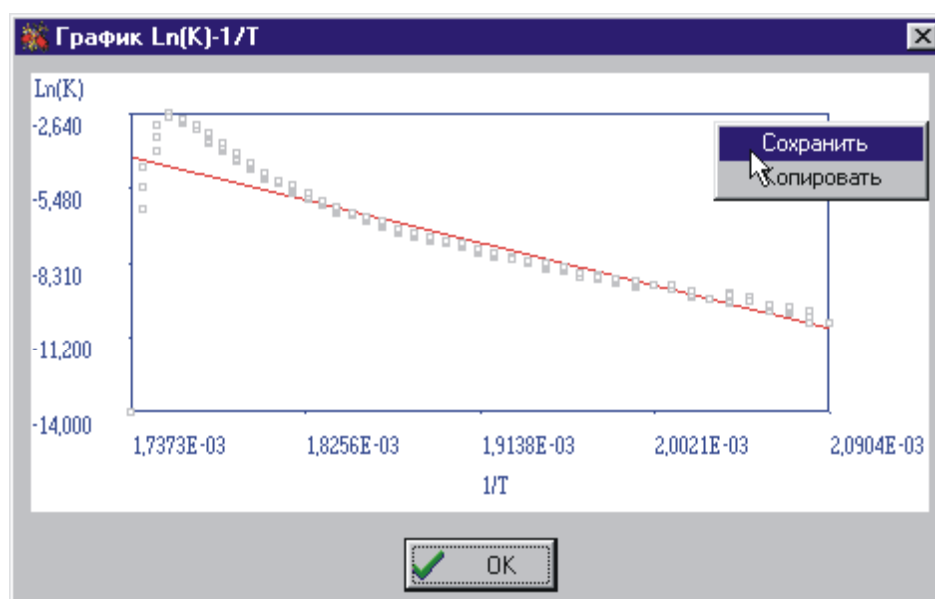
Разработанная программа позволяет регистрировать исходные данные, полученные на дериватографе, и реализует расчет кинетических параметров.



**Результаты расчета**

Предэкспонента  $K_0=9,78E11$  1/с  
 Энергия активации  $E=152533$  Дж/моль  
 Показатель степени  $n=3,1$   
 Интегральная оценка погрешности:  
 После линейного метода  $D1=7,1965E-06$   
 Коэффициент корреляции  $r = 0,800$

График OK



Пример работы программы Термо



---

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен: Пер. с англ.— М.: Мир, 1976.— 512 с.
- 2 Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешностей результатов измерений.— Л.: Энергоатомиздат, 1991.— 304 с.
- 3 Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями.— М.: Изд-во иностр. лит., 1956.— 642 с.
4. Джонсон К. Численные методы в химии.— М.: Мир, 1983. — 504 с.
5. Носач В. В. Решение задач аппроксимации с помощью персональных компьютеров.— М.: МИКАП, 1994. — 328 с.
6. Зенин А. А., Нерсиян Г.А. Тепловая структура волны СВС, механизм и макрокинетика в системах Ti-Si и Zr-Si.— Черноголовка, 1980 — 26 с.
7. Шестак Я. Теория термического анализа: Физико-химические свойства твердых неорганических веществ: Пер. с англ . — М.: Мир, 1987. — 456 с.