

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО**(12) Описание изобретения**
К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2502127

(22) 02.07.2025

(46) Бюл. 226, 2025

(71) Низомов З. (ТJ); Содатдинов Ш.С. (ТJ);
Турахасанов И.Т. (ТJ); Шарифи Дж.Г. (ТJ); Мирзода
И.О. (ТJ); Комилов М.М. (ТJ)(72) Низомов З. (ТJ); Содатдинов Ш.С. (ТJ);
Турахасанов И.Т. (ТJ); Шарифи Дж.Г. (ТJ); Мирзода
И.О. (ТJ); Комилов М.М. (ТJ)

(73) Низомов З. (ТJ)

(54) **УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

(56)

1. Платунов Е.С. Теплофизические измерения
в монотонном режиме. Л.: Энергия, 1973.- 142с.2. Туровский Я.А., Бартенев Г.М.
Определение теплоемкости металлов методом
охлаждения. ЖТФ 10.- вып. 6, 1940.- 514 с.3. Малый патент №TJ 510 Республика
Таджикистан, МПК (2011.01) G 01 K 17/08. /
Установка для измерения теплоёмкости твёрдых тел/
Заявитель и патентообладатель: Низомов З., Гулов Б.,
Саидов Р., Обидов З.Р., Мирзоев Ф., Авезов З.,
Иброхимов Н. - № 1100659; заявл. 03.10.11; опубл.
12.04.12. Бюлетен изобретения 72, 2012. -3 с.4. Nizomov Z., Sodatdinov S., Saidzoda R.,
Nematov D. Analysis of Thermal Isotropy of
Parallelepiped Shape of Bronze Samples for Mechanical
Engineering Applications. - Journal of Modern Industry
and Manufacturing, 2024;3-9.
<https://doi.org/10.53964/jmim.2024009>. ISSN 2788-
8096 (Online)5. Nizomov Z., Sodatdinov Sh., Saidzoda R. Kh.,
Nematov D. Influence of the Height Value of Cylindrical
Specimens of Copper Grade M3 on the Kinetics of Their
Cooling and Heat Transfer Processes (2024-04-25) //
Engineering Science & Technology 2024-04-25 | Journal
article Author DOI: [10.37256/est.5220244118](https://doi.org/10.37256/est.5220244118) Part of
DOI: [10.37256/est.522024](https://doi.org/10.37256/est.522024) Part of ISSN: [2717-5243](https://doi.org/10.37256/est.522024)6. Низомов З., Турахасанов И.Т., Файзиева
М.Р. Влияние размера образцов из алюминия на
кинетику их охлаждения и процессов теплоотдачи. -

2

Вестник Таджикского национального университета.
Серия естественных наук, 2022, №1. - С.165-177.7. Низомов З. Оценка коэффициента
излучательной теплоотдачи алюминия марки А5N. –
Сборник статей Межд. науч. конф. «Развитие новых
направлений в науке: современное состояние и
перспективы», посвящ. 20-летию основания НИИ
ТНУ. – Душанбе: «Типография ТНУ».2024. –С.49-53.8. Уонг, Х. Основные формулы и данные по
теплообмену для инженеров: справочник / пер. с
англ. В.В. Яковлева и В.И. Колядина. - М.:
Атомиздат, 1979.- 216 с.9. Теплообмен излучением: Справочник/ А.Г.
Блох, Ю.А. Журавлев, Л.Н. Рыжков. - М.:
Энергоатомиздат, 1991.- 432 с.10. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы
теплопередачи. - М.: Бастет, 2010. - 342 с.11. Леонтьев А.И. Теория тепломассообмена,
3-е изд. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018;
463. ISBN: 978-5-7038-4527-1(57) Изобретение относится к приборам и методам
исследования теплофизических свойств веществ и
может найти применение в теплофизике, физической
химии, материаловедении, металлургии металлов и
сплавов.Сущность изобретения заключается в том, что
установка, содержит автотрансформатор ЛАТР тип
РНО 250-2, измеритель Digital multimeter DI 9208 L
для контроля напряжения, электропечь,
позволяющая равномерно нагреть образца,
представлявший собой тело с высверленными
каналами в трех направлениях. В этих каналах
образца помещены термопары, концы которых
подключены к цифровому мультиметру UT71B и
температурный измеритель AT4202 с ценой деления
для измерения температуры $\pm 0,1$ °C. Мультиметр
UT71B соединён с компьютером, что позволяет
напрямую записывать результаты измерений в виде
таблицы. Двухканальный портативный измеритель
температуры AT4202, выполняющий функцию
передачи данных через USB.

Изобретение относится к приборам и методам исследования теплофизических свойств веществ и может найти применение в теплофизике, физической химии, материаловедении, металлургии металлов и сплавов.

Известна установка измерения теплоемкости твердых тел, разработанного Платуновым Е.С. выпускаемые Актюбинским заводом [1].

Недостатком данной установки являются: шаг температуры составляет 25°C , т.е. каждую 25°C (5-10 минут) получают данные о теплоемкости твердых тел; установка определяет теплоемкости твердых тел до 400°C ; расчеты показывают, что максимальная общая относительная погрешность экспериментальных данных теплоемкости составляет 5.1%.

Известна установка для измерения теплоемкости твердых тел, содержащая электропечь, образец; гальванометр; лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) и секундомер [2].

Недостатком данной установки являются: долгое время обработки экспериментальных данных; расчеты показывают, что максимальная общая относительная погрешность экспериментальных данных теплоемкости составляет 3.2%.

В качестве наиболее близкого аналога выбран установка для измерения теплоёмкости твердых тел [3], содержащая электропечь СШОЛ (1), который позволяет равномерно нагреть цилиндрический образец (2) с помощью термопары (3), подающий сигнал об изменении температуры внутри образца в цифровой термометр «Digital Multimeter DI9208L» (4), который подаёт прямой фиксации результатов на компьютере (5) в виде таблицы. Точность измерения температуры составляют 0.1°C , а погрешность 1%.

Однако установка позволяют измерить температуры только в одном направлении, и занимает много времени для обработки экспериментальных результатов, и она непригодна для измерения теплоемкости тел, так, как не известно, коэффициенты теплоотдачи.

Цель изобретения является создание установки, позволяющая определение теплофизические свойства металлических материалов и проверки однородности температурное поле в них.

Цель достигается путем разработки установки для одновременного измерения температуры в трех направлениях, содержащей цифровой термометр Digital Multimeter UT71B и двухканальный портативный измеритель температуры AT4202, которые позволяли бы прямую фиксацию экспериментальных результатов в зависимости температуры тела от времени охлаждения. Точность фиксации температуры составляет 0.1°C .

Заявляемая установка иллюстрируется чертежами, где на Фиг. 1 показана общая схема установки для измерения теплоемкости твердых тел,

В качестве иллюстрации на Фиг. 2 приведена зависимость температуры образца из алюминия марки А5N от времени охлаждения относительно осей X, Y, Z.

На Фиг. 3 показано зависимость температуры образца от времени охлаждения за счет теплового излучения (ΔT_1), теплопроводности (ΔT_3) и конвекции (ΔT_2).

На Фиг. 4 приведено зависимость скорости охлаждения образца за счет излучения, теплопроводности и конвекции от времени.

На Фиг. 5 приведены температурные зависимости коэффициентов теплоотдачи за счет излучения α_1 , теплопроводности α_2 и конвекции α_3 .

На Фиг. 6 приведена зависимости степени черноты образца от температуры.

на Фиг. 7 в качестве примера приведены зависимости температуры образца из стали 45 от времени охлаждения в интервале температуры от 750 до 35°C .

На Фиг. 8 в качестве примера приведены зависимости скорости охлаждения от температуры образцов разного диаметра из стали марки 45.

Схематическое изображение установки для определения теплофизических свойств металлических материалов, представлено на Фиг. 1, включающей узлы: автотрансформатор ЛАТР тип РНО 250-2 (1), измеритель Digital multimeter DI 9208 L (2), электропечь (в виде цилиндра диаметром 10 см) (3), спирали (4), образец (5), термопары 6, 7 и 8, держатель (9); двухканальный портативный измеритель температуры AT4202 (10), USB (11), кабели соединения с компьютером (12 и 14), цифровой мультиметр Digital Multimeter UT71B (13) и компьютер (15).

Сущность изобретения заключается в том, что установка для определения теплофизических свойств металлических материалов, содержащая автотрансформатор ЛАТР тип РНО 250-2 (1), к которому последовательно соединены измеритель Digital multimeter DI 9208 L для контроля напряжения (2), электропечь, выполненными в виде цилиндра диаметром 10 см (3), позволяющая равномерно нагреть образец (5), представлявший собой тело с высверленными каналами в трех направлениях. В этих каналах образца (5) помещены термопары (6, 7 и 8), концы которых подключены к цифровому мультиметру UT71B (13) и двухканальному портативному измерителю температуры AT4202 (10) с ценой деления для измерения температуры $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, содержащий USB (11). Цифровой мультиметр Digital Multimeter UT71B (13) соединён при помощи кабелей (12) и (14) с компьютером (15), что позволяет напрямую записывать результаты измерений температуры образца от времени охлаждения в виде таблицы.

Для измерения температуры одновременно в трех направлениях использован цифровой мультиметр Digital Multimeter UT71B (13) и двухканальный портативный измеритель температуры AT4202 (10). В измерителе температуры AT4202 (10) используется микропроцессор ARM, который может собирать двухканальные данные о температуре

одновременно и быстро реагировать на них. Прибор АТ4202 выполняет функцию передачи данных через USB (11). В приборе АТ4202 (10) используется программное обеспечение АТS42 для сбора и сохранения экспериментальных данных. Погрешность измерений температуры этим прибором в диапазоне -200 до 1800 °C составляет 0.2%+1°C. Использование этого прибора в установке впервые позволило исследовать охлаждения тела одновременно в трех направлений.

Принцип работы установки заключается в том, что устанавливается напряжение на автотрансформаторе (1) и контролируется с помощью измерителя Digital multimeter DI 9208 L (2). Образец (5) помещается в электропечь (3) и нагревается до температуры чуть ниже температуры плавления алюминия. Температура внутри камеры нагрева контролируется с помощью цифрового термометра Digital Multimeter UT71B (13). После достижения заданной температуры образец (5) быстро извлекается из печи в воздух.

С помощью термометра фиксируется значение температуры окружающей среды. В момент, когда температура образца достигает заранее заданного значения, начинается автоматический отсчет времени охлаждения и температуры до момента, когда она достигнет 35–40 °C. При высоких температурах каждые одна секунда и при низких температурах каждый 10 секунд компьютер автоматически фиксирует температуру образца. Итоговый результат отображается на компьютере (15) в виде таблицы зависимости $T=f(t)$. Относительная ошибка измерения температуры в интервале от 40 °C до 400 °C составляла $\pm 1\%$, а в интервале от 400 °C до 1000 °C $\pm 2,5\%$.

Из величины измеренной температуры образца вычитаем температуру окружающей среды $\Delta T = T - T_0$. Далее строим график зависимости ΔT от времени t . Все вычисления проводились на компьютере с помощью программы Microsoft Office Excel. Обработка результатов измерений и аппроксимации экспериментальных данных проводилась на платформе пакетов математических программ Sigma Plot 10 и Origin Pro 17. Как правило, удавалось подобрать такую зависимость температуры образца от времени, что коэффициент регрессии не был ниже 0.9998.

Перед каждой серией измерений проверялась надёжность работы установки с помощью измерения эталонных кривых охлаждения меди и А5N.

Как видно из Фиг. 2 охлаждения образца не зависит от направления.

Обработка с помощью программы Sigma Plot 10 показала [4, 5], что кривые охлаждения описывается уравнением с 6 параметрами:

$$\Delta T = (\Delta T_n)_{\tau=0} \exp(-\tau/\tau_n) + (\Delta T_\tau)_{\tau=0} \exp(-\tau/\tau_\tau) + (\Delta T_k)_{\tau=0} \exp(-\tau/\tau_k) \quad (1)$$

где $(\Delta T_\tau)_{\tau=0}, (\Delta T_k)_{\tau=0}$ - разность температур нагретого тела и окружающей среды при $\tau = 0$, $(\Delta T_n)_{\tau=0}$ - разность температур нагретого тела в момент начала измерений и температуры, при

котором излучения прекращается, τ_n , τ_τ и τ_k - характерные времена охлаждения. Индексы n , τ и k указывают на излучательной, кондуктивной и конвективной теплоотдачи/ Для простоты обозначения их заменили индексы на 1, 2, 3.

Дифференцируя уравнение (1), получим формулу для расчёта скорости охлаждения.

Экспериментально определенная значения скорости охлаждения позволяет вычислить коэффициенты конвективной α_k и кондуктивной α_n теплоотдачи [4] по формулам:

$$\alpha_k = \frac{Cm \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_k}{S(T - T_0)} \quad \text{и} \quad \alpha_n = \frac{Cm \left(\frac{dT}{d\tau} \right)_n}{S T} \quad (2).$$

Где, m , S и C - масса, площадь поверхности и удельная теплоемкость тела, $\left(\frac{dT}{d\tau} \right)_k$ и $\left(\frac{dT}{d\tau} \right)_n$ - соответственно скорость охлаждения за счет конвекции и излучения.

Определение коэффициента излучательного теплообмена α_n становится очень важным при проектировании оборудования, эксплуатируемого при высоких температурах. Под α_n будем подразумевать коэффициент излучательной теплоотдачи поверхности образца. Так как в нашем случае воздух сухой, то его излучением можно пренебречь. Формула для расчета коэффициента излучательной теплоотдачи α_n [6] принимает вид:

$$\alpha_n = \varepsilon 0,0567 \left(\frac{T}{100} \right)^3, \quad (3)$$

где ε и T - коэффициент черноты и температура поверхности образца.

Из данных по температурной зависимости коэффициента излучательной теплоотдачи с помощью формулы (2) оценили степень черноты образца.

Как видно из Фиг. 6, ниже температуры 370 К степень черноты образца равна нулю, а с ростом температуры увеличивается. Численные значения, полученные в данной работе, хорошо согласуются с литературными для сильно оксидированной поверхности алюминия [7,8]. В имеющихся литературах данных о степени черноты алюминия приводятся только для определенной температуры. Температурной зависимости степени черноты для металлических образцов не встречается.

Для проверки полученных результатов вычисляем число Био [9]. Число Био представляет собой отношение скорости кондуктивного переноса тепла к скорости аккумуляирования энергии в материале.

$$Bi = \frac{\alpha V}{\lambda S}, \quad (4)$$

где, Bi - число Био, V и S - соответственно объем и площадь поверхности образца, α - коэффициент теплоотдачи от поверхности тела к окружающей среде, λ - коэффициент теплопроводности материала тела.

Для температуры 600 К общий коэффициент теплоотдачи алюминия марки

A5N $\alpha \approx 14 \text{ Bm}/(\text{м}^2 \text{ К})$, коэффициент теплопроводности при комнатной температуре $\lambda \approx 200 \frac{\text{Bm}}{\text{м К}}$, $V/S = 0,603 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ и $Bi \approx 0,000422$.

Согласно работам [10-11] при $Bi \ll 0,1$ в каждый момент времени температура внутри такого тела успевает выровняться за счет интенсивного переноса теплоты теплопроводностью.

С помощью данной установки также можно определить температуры фазовых переходов в металлах и сплавах. На кривой охлаждения наблюдается аномалии в виде нагревания. В качестве примера на Фиг. 7 приведены зависимости температуры образца из стали 45 от времени охлаждения в интервале температуры от 750 до 35 °С.

На Фиг. 8 в качестве примера приведены зависимость скорости охлаждения от температуры образцов разного диаметра из стали марки 45.

Как видно из Фиг.8 в области около 675 °С наблюдается фазовый переход.

В данной установке расширено область изменение температуры (для каждого образца близко к температуре плавления), увеличивается точность измерения температуры фазового перехода, сокращено времени для обработки результатов.

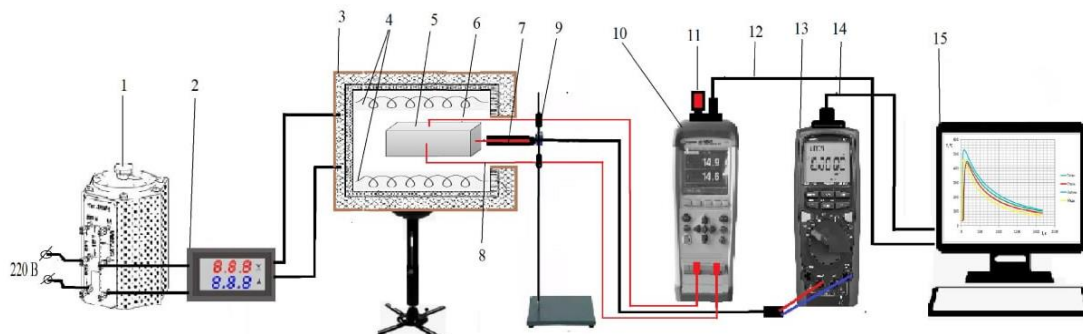
Таким образом, предлагаемая установка обладает рядом преимуществ перед существующими устройствами подобного назначения: использование современной измерительной аппаратуры позволяет одновременное измерения температуры образца в трех точках, в металлах и сплавах в широком интервале температур и составов, сокращение времени для измерения и обработки, и высокая точность.

Формула изобретения

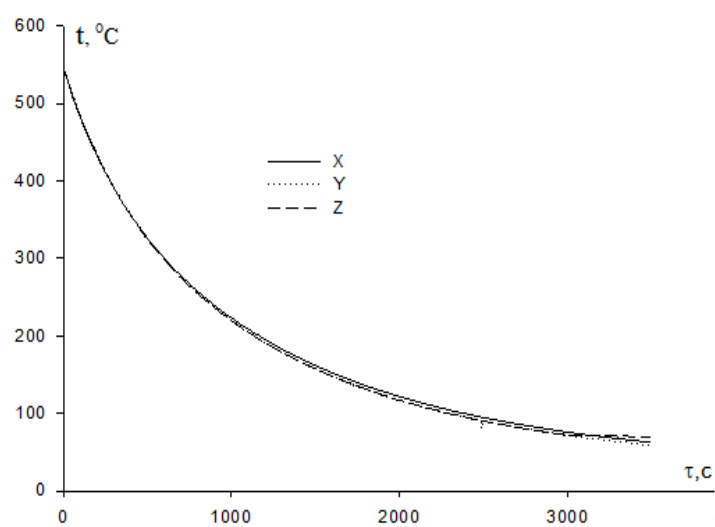
Установка для определения теплофизических свойств металлических материалов, содержащая электропечь, образец, измеритель Digital multimeter DI 9208 L для контроля напряжения, лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) и термопара, отличающаяся тем, что электропечь выполнена в виде цилиндра диаметром 10 см, на которой установлен образец с высверленными каналами в

трех направлениях, в каналах помещены термопары, концы которых подключены к цифровому мультиметру Digital Multimeter UT71B соединённому с компьютером, а также к двухканальному портативному измерителю температуры АТ4202, который выполняет функцию передачи данных через USB.

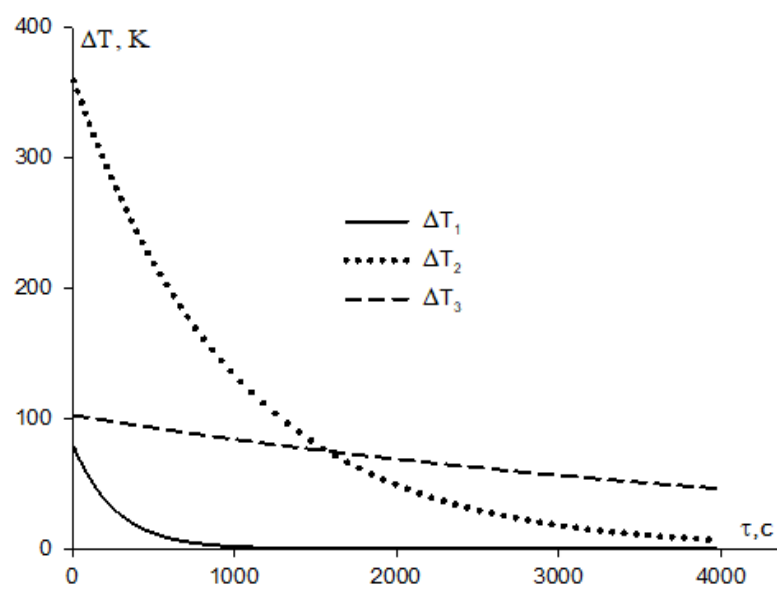
УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ



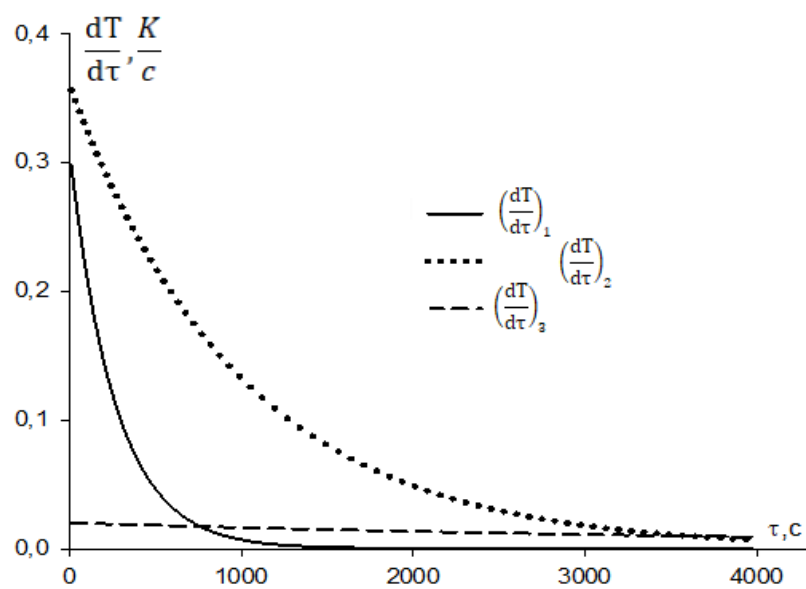
Фиг. 1.



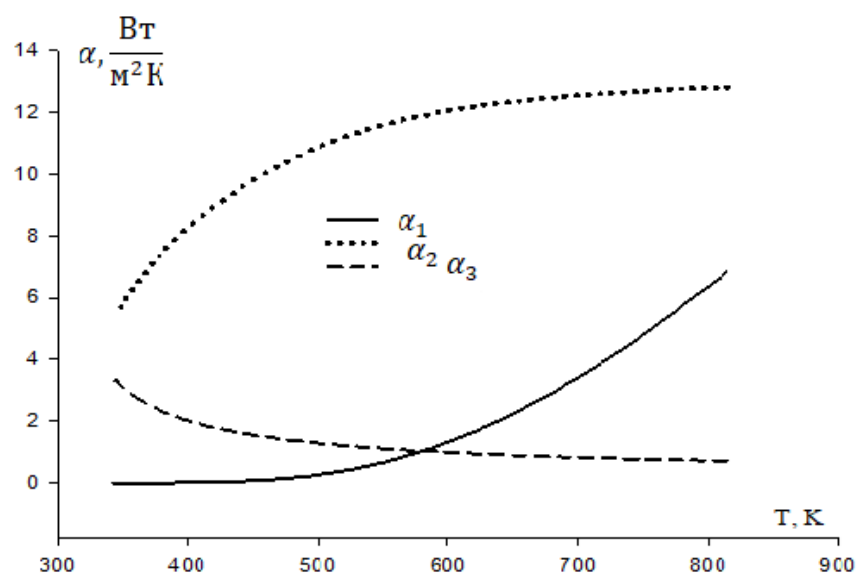
Фиг. 2



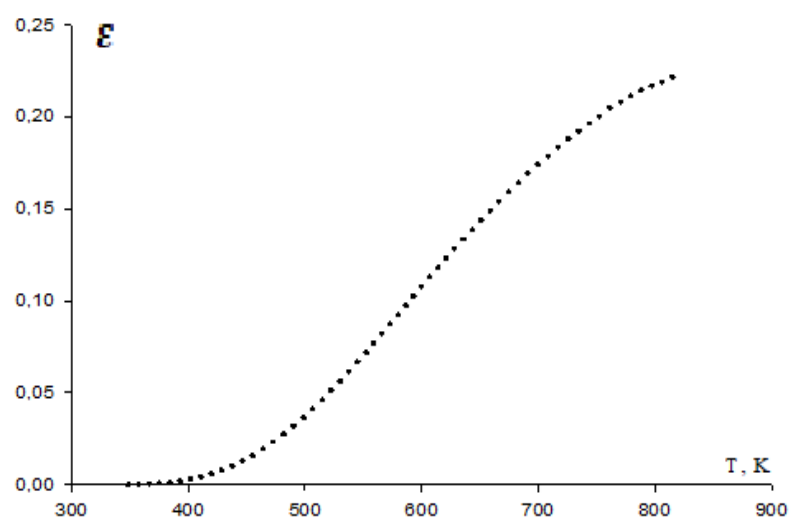
Фиг. 3



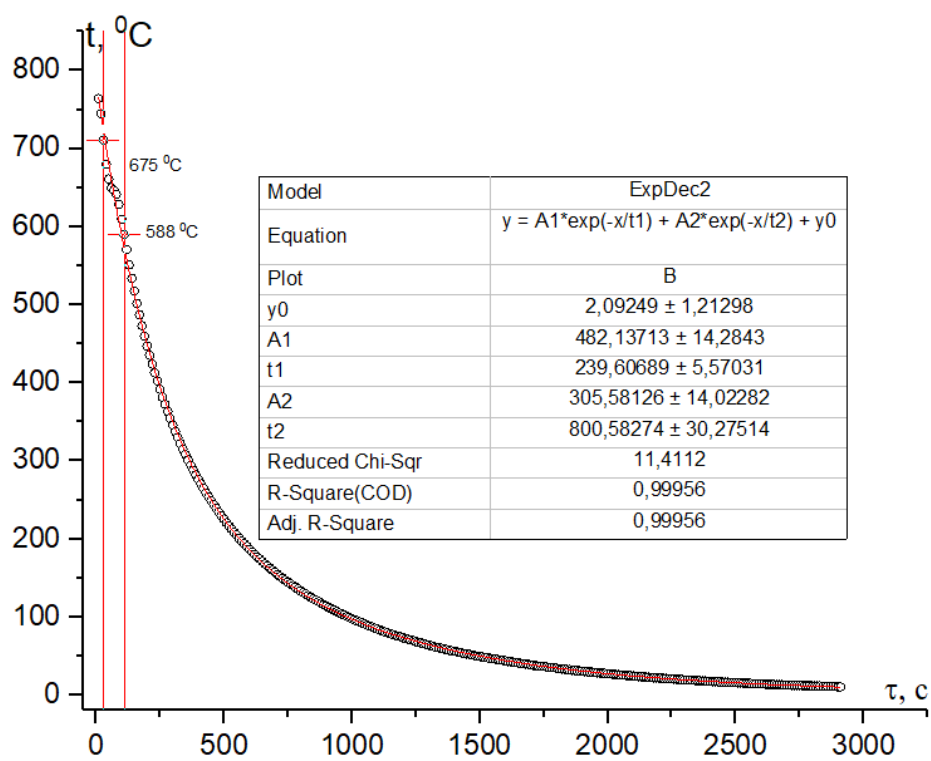
Фиг. 4



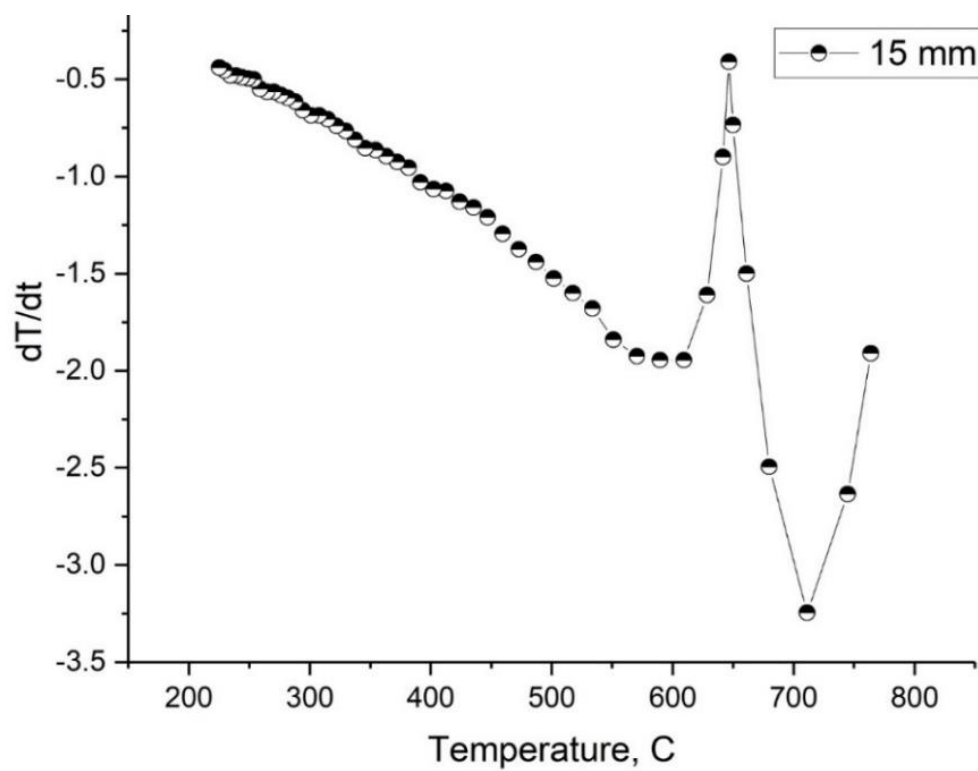
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

Компьютерный набор: Газиев М.