

## Отзыв

на диссертационную работу

Удалой Карины Рустямовны

### **"Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях"**

по специальности 05.16.02. - Металлургия чёрных, цветных и редких металлов

Сотрудники кафедры физики Магнитогорского Государственного Технического Университета профессор П.Д.Корж и кандидаты технических наук Шадрунова А.П., Гиниятуллин И.Н., Гуляева Г.П. Долматова А.А. и другие были одними из первых учёных, осваивающие использование метода термоЭДС для определения концентрации и наличия различных компонент в сталях и сплавах.

В этом же направлении проводились работы в Московском институте сталей и сплавов школой профессора Беленького А.М.. Рецензируемая диссертационная работа является дальнейшим развитием этого научного направления.

Главными задачами использования метода ЭДС для определения концентраций и примесей сплавов в настоящее время являются: 1)расширение списка элементов сплавов и сплавов; 2)повышение точности определения этих элементов; 3)внедрение данных методик в промышленное производство.

Ранее наиболее успешными были работы по экспрессному определению концентрации углерода в стали методом термоЭДС.

Новым в приведённой диссертационной работе Удалой К.Р. является исследования зависимости интегральной и дифференциальной термоЭДС для различных сплавов алюминия. Представляет интерес её исследования и в классической области: "ТермоЭДС сталей разного состава", и особенно, определение концентрации марганца в железоуглеродистом сплаве Fe-C-Si-Mn.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и их достоверность не вызывает особых замечаний. Следует рекомендовать использование результатов и выводов диссертационной работы для создания экспрессных датчиков контроля состава алюминиевых сплавов.

#### **По диссертации имеются следующие замечания:**

1. Автор утверждает, что полученные уравнения связи значений термоЭДС с концентрациями примесей в сплавах алюминия, определённых химическим способом, показывает хорошее совпадение. Это видно из содержания реферата (стр.15 реферата табл.3).

Но подобные таблицы отсутствуют для сплавов алюминия AL-Mn-Cu (глава 4) и для низкоуглеродистого сплава Fe-C-Si-Mn (глава 5). Приведённые же данные химического анализа состава и характеристики регрессионных прямых менее убедительны, поскольку они не позволяют отдельно сравнить по сходимости и воспроизводимости измерения

концентраций элементов химическим способом и по сходимости и воспроизводимости измерения самой термоЭДС.

2. Изменение термоЭДС в зависимости концентрации примесей в сплавах алюминия автор объясняет изменением плотности электронных состояний (стр.21 реферата).

Но это общее утверждение. К какому объекту это относится? Это ли атом Al в окружении других атомов или это атом Mn, а может это относиться к зоне проводимости и т.д.? Конкретизация объекта сделало бы данное утверждение более физически обоснованным.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности представляемой диссертационной работы.

### Заключение

Диссертация Удалая Карины Рустямовны "Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях" является завершённой научно-квалификационной работой и соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 28.08.2017г.), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.16.02. - Металлургия чёрных, цветных и редких металлов (технические науки).

Белов Валерий Константинович,  
к. ф.-м. н., профессор кафедры физики МГТУ,

20.04.2018

455000 Россия, Магнитогорск, пр. Ленина, 38, МГТУ им. Г. И. Носова,  
belovalkon@mail.ru, тел. 8 912 325 36 62





TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
  
VIENNA  
UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY

Institut für Festkörperphysik  
Wiedner Hauptstraße 8-10  
A-1040 Wien  
<http://www.ifp.tuwien.ac.at>

To whom it may concern

Univ.Prof. Dipl.Ing. Dr.  
Ernst Bauer

tel.: +43 1 58 801 131 60

fax: +43 1 58 801 131 99

[bauer@ifp.tuwien.ac.at](mailto:bauer@ifp.tuwien.ac.at)

Your sign / Your message dated

our sign

our editor / extension

Date  
10-05-2018

Reference **Mrs Karina Udalaya**

Sir,

in terms of a bilateral exchange programme between Russia and Austria, Mrs Karina Udalaya (before her marriage: Mrs Karina Bulgakova) obtained 2 times a scholarship in this programme, allowing her to become a temporary member of my working group at the Institute of Solid State Physics, Technische Universität Wien, from September 1, 2013 to February 28, 2014 as well as from September 15, 2014 to September 15, 2015.

The scientific work carried out by Mrs Udalaya during these periods concerned thermoelectricity, the ability of certain solids to convert a temperature gradient into electricity. This ability is based on the so-called Seebeck effect; its efficiency depends additionally on the temperatures of the hot and the cold side of such a material as well as on the electrical resistivity and thermal conductivity. Material efficiencies of more than 17 % have already been found in the working group at the Technische Universität Wien based on filled skutterudites.

Mrs Udalaya carried out measurements of the above indicated transport quantities in a wide temperature range, from 4 K up to about 1000 K on samples she brought from her own laboratory, using appropriate installations at the Institute of Solid State Physics in Vienna. In addition, she synthesized a number of samples from differently substituted full-Heusler compounds based on the starting material Fe<sub>2</sub>VAl. In this study, Mrs Udalaya executed a variety of different work packages which are considered being typically for solid state physics science. Among others, stoichiometric sample preparation, high frequency melting, X-ray diffraction, crystal structure determination, measurements at low and at high temperatures and analyses of experimental data using most recent models of solid state physics theory.

During both stays in Vienna, I have noticed a straightforward and creative way, how Mrs Udalaya conducted her investigations. Moreover, I perceived her ability to solve problems appearing frequently in experimental facilities and remaining composed even in stressful situations.

The work she undertook in Vienna, and many discussions at that time, allows me keeping Mrs Udalaya in very good reminiscence and I would be happy having her back again in Vienna for further common scientific work in future.

I wish Mrs Udalaya all the best for a successful defense of her PhD thesis and a thriving start into her professional career. Anyhow, please do not hesitate to contact me in the case you have further questions.

With my best regards

(Univ.Prof. Dr. Ernst Bauer)

Institut  
für  
Festkörperphysik  
der Technischen Universität  
A-1040 Wien, Wiedner Hauptstr. 8-10



В диссертационный совет 212.132.02 при  
ФГАОУ ВО «Национальный  
исследовательский технологический  
университет «МИСиС»  
119049, г. Москва, Ленинский проспект,  
д. 4

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Удалой Марины Рустямовны на тему  
«Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и  
структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических  
технологиях», представленной на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и  
редких металлов»

Диссертационная работа Удалой К.Р. посвящена изучению зависимости интегральной термоЭДС алюминиевого сплава Al-Mn-Cu и железоуглеродистого сплава Fe-C-Si-Mn от их составов и температуры. Задача оперативного определения содержания легирующих компонентов в алюминиевых сплавах и стали является на сегодняшний день важной задачей. Используя метод термоЭДС при охлаждении пробы, отобранной из расплава, можно одновременно контролировать его химический состав и структуру в плавильном агрегате. Однако влияние химического состава алюминиевых сплавов и сталей на термоЭДС при различных температурах исследовано недостаточно. Таким образом, тема рассматриваемой диссертационной работы является актуальной.

Новизна работы состоит в установлении концентрационных и температурных зависимостей интегральной термоЭДС и коэффициента Зеебека алюминиевого сплава Al-Mn-Cu. Практическая значимость работы состоит в разработке статистической модели определения содержания Cu, Mn и Si в алюминиевом сплаве и C, Si и Mn в стали. Работа изложена понятным языком. Методики эксперимента подробно описаны. Выводы по работе соответствуют поставленным целям. Достоверность выводов диссертации подтверждается



хорошим согласованием полученных автором результатов с экспериментальными данными.

Несмотря на положительное впечатление о работе, по автореферату имеются замечания:

1. В практической работе неудобно каждый раз решать систему из трёх уравнений для определения содержания примесей. Целесообразно было написать некое программное обеспечение на основе полученных уравнений для удобства применения разработанной статистической модели на практике.
2. В тексте автореферата имеются опечатки и орфографические ошибки: отсутствие пробелов между словами, пропущенные запятые.

В целом считаю, что диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Заведующий кафедрой  
«Тепломассообменные процессы и установки»  
ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ» проф., д.т.н.  
111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д. 14  
тел. 8(495)362-70-40  
[GAB874@yandex.ru](mailto:GAB874@yandex.ru)



Гаряев А.Б.

Подпись А.Б.Гаряева заверяю



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ  
Л.И. Полевая

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Удалой Марины Рустямовны «Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Повышение качества и скорости анализа методов оперативного контроля, в процессах выплавки стали и алюминиевых сплавов, позволяют уменьшить образования дефектов в конечном продукте, увеличить производительность комбинатов за счет сокращения времени, на проведение анализов состава производимого продукта. Разработка новых методов анализа позволит более часто и с меньшими затратами проводить анализ, что позволит за меньшее количество технологических операций добиваться требуемого качества продукта с меньшими затратами сырья.

Научная новизна работы связана, прежде всего, с установлением закономерностей влияния концентрации компонентного состава различных сплавов на термоЭДС, что в практической плане позволяет развивать более эффективные методики оценки качества. Для сплавов алюминия получены регрессионные зависимости термоЭДС от содержания кремния, магния и меди при различных температурах. Для железорудных сплавов получены зависимости термоЭДС от состава железа, углерода, кремния, магния и марганца. На основе регрессионных зависимостей построены статистические модели.

Практическая значимость диссертационной работы К.Р. Удалой определяется разработанными экспресс-методиками контроля содержания различных веществ в исходном сырье, в процессе отжига и закалки для сплавов алюминия и в процессе выплавки, нагрева и термообработки стали.

Оценивая диссертацию по цели работы и постановке решенных задач, методам исследования, полученным научным и практическим результатам следует указать, что она представляет единое целое. Результаты работы представляются достоверными и не противоречат основным тенденциям развития данной отрасли знания.

По автореферату имеются замечания:

1. Из информации автореферата не ясно, проводилась ли оценка сокращения времени циклов плавки при внедрении метода оперативного контроля состава стали и оценка увеличения производительности цехов;



2. Планируется ли разработка устройства для проведения автоматизированного экспресс-теста на основе статистических зависимостей.

Однако отмеченные замечания не снижают высокой оценки представленной работы. Работа Удалой Марины Рустямовны отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры  
Промышленных теплоэнергетических систем,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»



Султангузин Ильдар Айдарович

111250, Россия, Москва, Красноказарменная ул., 14  
Тел. +7-495-362-7217  
SulttanguzinIA@mpei.ru

Кандидат технических наук, доцент кафедры  
Промышленных теплоэнергетических систем,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

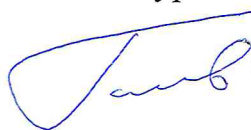


Курзанов Сергей Юрьевич

111250, Россия, Москва, Красноказарменная ул., 14  
Тел. +7-495-362-7217  
KurzanovSY@mpei.ru

Подписи И.А. Султангузина и С.Ю. Курзанова заверяю:

Помощник проректора  
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»



Станислав Константинович Попов

27.04.2018 г.





## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Удалой К.Р.

### “РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ”

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.16.02 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Диссертационная работа посвящена одному из быстроразвивающихся методов неразрушающего контроля – химическому анализу состава металлов и сплавов с использованием термо-ЭДС.

На современных металлургических заводах контроль качества продукции осуществляется на каждом этапе производства, это требование времени. Проверкой соответствия технологическим нормам химического состава металла и его механических свойств обычно занимаются специальные подразделения, оснащенные различным измерительным оборудованием.

Оперативный контроль состава сплава чаще всего выполняют на спектральных эмиссионных установках химического анализа. Спектральные анализаторы стоят достаточно дорого и окупаются в течение длительного периода. Вследствие этого подобное оборудование есть далеко не у всех предприятий.

Альтернативой эмиссионным спектральным приборам являются измерительные приборы, в основе которых лежат косвенные методы, основанные на использовании физических свойств измеряемых материалов. Одним из наиболее распространенных таких методов является экспресс-метод оперативного контроля состава выплавляемых и обрабатываемых металлов и сплавов с использованием термоэлектрической силы металла (метод термоэдс).

Однако упомянутый метод не получил до сих пор должного развития вследствие отсутствия данных о термо-ЭДС промышленных марок первичного алюминия, неизученности влияния на термо-ЭДС добавления в алюминий марганца и меди. Не разработана методика использования метода термо-ЭДС для одновременного определения содержания в выплавляемой стали углерода, марганца и кремния.

Решению этих, а также и ряда иных проблем метода термо-ЭДС посвящена рассматриваемая диссертационная работа.

Заслуживает внимания, что в настоящей работе впервые на базе исследования интегральной термо-ЭДС показана более высокая чувствительность данного параметра к изменению химического состава и температуре отжига сплава Al-Mn-Cu по сравнению с электропроводностью и твердостью. Также нужно отметить, что впервые получены экспериментальные данные об изменении интегральной термо-ЭДС алюминиевого деформируемого сплава Al-Mn-Cu при различном содержании меди и при различных температурах отжига.

Интересной также представляется разработанная регрессионная модель, которая позволяет выполнить расчёт концентраций примесей для сплавов железа с прогнозируемым содержанием примесей в исследованных сплавах в следующих диапазонах: углерод – 0,20 – 0,70 %, марганец – 0,12 – 0,72 %, кремний – 0,10 – 0,70 % позволяет с высокой точностью определять при анализе одного образца все три компонента.

К практической значимости работы нужно отнести разработанную методику оперативного контроля углерода, марганца и кремния в железоуглеродистых сталях, что позволит сократить расходы на контроль состава изделия.

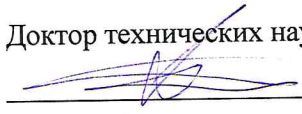
**К недостаткам автореферата можно отнести следующее.**

1. Неясно, почему методика определения состава сплава Al-Mn-Cu приведена только для температуры отжига 540°C.
2. Нет отличия по температурам нагрева образцов при одновременном контроле в них C, Si, Mn для различных групп железоуглеродистых сплавов.
3. Объем автореферата (26 стр.) великоват для кандидатской диссертации по техническим наукам.

Однако указанные недостатки не снижают значимости и новизны диссертации К.Р. Удалой.

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор Удалая К.Р. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Доктор технических наук, директор ННТП «Термоконт»

 Фрунзе Александр Вилленович

7 мая 2018 г.

Некоммерческое научно-техническое партнерство «Термоконт»

Адрес: 121019, г. Москва, ул. Новый Арбат, д. 11, стр. 1

Тел. +7(495)943-68-18

E-mail: pyrometer@inbox.ru

Подпись Фрунзе А.В. заверяю.

Заместитель директора ННТП «Термоконт»

Минасян Б. О.





ООО «Абинский  
ЭлектроМеталлургический завод»  
ABINSK ELECTRIC STEEL  
WORKS, LTD



Система  
менеджмента  
ISO 9001:2008



www.tuv.com  
ID 9105087194

Промышленная ул., 4, г. Абинск, Краснодарский край, 353320,  
тел/факс: (86150) 4-18-70 E-mail: [priemnaya@abinmetall.ru](mailto:priemnaya@abinmetall.ru)  
[www.abinmetall.ru](http://www.abinmetall.ru)

ИНН 2323025302, ОГРН 1062323004941, КПП 997550001  
ОКПО 93827560, ОКОПФ 12300.

Исх. № 44-02/ 52  
от «16» апрель 201 8 г.

В диссертационный совет 212.132.02  
при ФГАОУ ВО «Национальный  
исследовательский технологический  
университет «МИСиС»  
119049, г. Москва, Ленинский проспект,  
д. 4

### Отзыв

на автореферат диссертационной работы Удалой Карины Рустямовны «Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

На сегодняшний день обеспечение качества продукции является первостепенной задачей производства. Снижение стоимости контроля химического состава и структуры металла позволяет уменьшить себестоимость продукции при сохранении её свойств. Разработка экспресс-метода одновременного определения C, Si и Mn в стали вызывает интерес с точки зрения внедрения на производстве. Поэтому актуальность диссертационного исследования не вызывает сомнения.



Основные выводы соответствуют целям и задачам исследования. В научной новизне работы отражены впервые достигнутые результаты. Положения диссертационной работы имеют важное значение для металлургической отрасли.

Соискателем проведена большая работа по исследованию термоэлектрических свойств алюминиевых сплавов и стали. Показаны закономерности изменения интегральной термоэдс и коэффициента Зеебека изучаемых сплавов от температуры и концентрации, проведено сравнение с другими методами контроля качества — методом электропроводности и твёрдости, показаны преимущества метода термоэдс, при помощи статистического метода проанализированы экспериментальные результаты и выведены математические уравнения, позволяющие быстро решить задачу определения содержания легирующих компонентов.

Внедрение метода термоэдс на этапе выплавки в плавильном агрегате позволило бы значительно повысить качество выпускаемой продукции.

Несмотря на положительную оценку диссертационной работы Удалой К.Р., необходимо отметить некоторые её недостатки. В работе говорится о исследовании термоэлектрических свойств многокомпонентных сплавов от состава и структуры, но в тексте автореферата не приводятся фотографии микроструктуры шлифов, что не позволяет в полной мере определить закономерности изменения термоэдс при изменении структуры образца.

В целом считаю, что Удалая Карина Рустямовна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

С уважением,

И.о. главного инженера



Н.Н. Беседин

## ОТЗЫВ на автореферат

диссертации Удалой Карины Рустямовны

на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

05.16.02. – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

на тему «Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки

состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных

металлургических технологиях»

Диссертация Удалой К.Р. посвящена разработке и исследованию термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов. Целью работы являлось изучение температурной и концентрационной зависимости термоЭДС алюминиевых и железоуглеродистых сплавов различного состава и структуры для создания экспресс метода определения содержания С, Si, Mn и Cu, а также разбраковки марок первичного алюминия и двойных алюминиевых сплавов. В работе изучено также влияние отжига и закалки на интегральную термоЭДС и коэффициент Зеебека алюминиевых сплавов Al-Mn-Cu с содержанием Mn в пределах 1 – 1,2 %, Cu в пределах 0 – 7 % для контроля состава и структуры этих сплавов.

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнения. Термоэлектрический метод обладает высокой чувствительностью к изменению химического состава сплава, его структурного состояния при существенно меньшей, чем у других методов, зависимости от формы и размеров изделия, для решения ряда задач экспресс-анализа.

Для решения вышеуказанной проблемы диссертант провел подробный анализ существующих методов и средств экспресс-анализа состава металлов и их структурного состояния, а также истории развития термоэлектрического метода, его преимуществ по сравнению с другими методами. При этом автором отмечено, что влияние химического состава стали и алюминиевых сплавов при различных режимах термообработки на термоЭДС изучено недостаточно.

Диссертант в своей работе решил следующие задачи, определяющие научную новизну:

- установил закономерность изменения интегральной термоЭДС марок первичного алюминия (А99, А85, А5Е, А7Е) от содержания примесей кремния, марганца и меди и на ее основе, используя метод линейной регрессии, разработал статистическую методику определения Si, Mn, Cu в марках первичного алюминия;



- определил элементы, оказывающие наиболее высокое и наиболее низкое влияние на термоЭДС двойных алюминиевых сплавов Al-Zr, Al-Sc, Al-Cu, Al-Mn, Al-Mg;

- установил закономерность изменения термоЭДС алюминиевых сплавов Al-Mn-Cu в исходном состоянии и после трехчасового отжига при температуре 540 °С, разработал статистическую модель определения Si, Mn, Cu. Измерения коэффициента Зеебека сплавов с различным содержанием меди (0-7%) при различных температурах, до и после термообработки, позволили оценить изменение микроструктуры данных сплавов;

- анализ интегральной термоЭДС железоуглеродистых сплавов Fe-C-Si-Mn позволил создать экспресс-методику одновременного определения C, Si и Mn в процессе нагрева или охлаждения анализируемого твердого образца или пробы, отобранной из ванны агрегата.

Выполненная диссертационная работа также имеет значительную практическую значимость для оперативного контроля состава и структуры многокомпонентных сплавов Fe и Al в промышленных металлургических технологиях выплавки, нагрева и термообработки получаемой продукции.

Вместе с тем к содержанию автореферата имеется замечаний:

1. В тексте автореферата допущены отступления от требований стандарта ГОСТ7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» в части нумерации страниц, оформления Таблицы 3, расшифровки обозначений, пробелов между словами, написания значения величины и ее единицы измерения в разных строках.

2. Из описания к рисунку 1 непонятна схема измерения термоЭДС образца: то ли она измеряется прибором 5, то ли она измеряется дифференциальной термопарой, подключенной к электронному блоку 7, который не описан в тексте. «Горячий» электрод прибора ПККМ-3М изготовлен из меди, поэтому никаких «естественных спаев Pt-Al» в схеме не возникает, всегда есть промежуточный металл в горячем и в холодном электроде, который, если находится в однородном температурном поле, не вызывает изменения результирующей термоЭДС дифференциальной «платинородий-платиновой» термопары (по тексту: платино-родиевоплатиновой, что ошибочно).

3. Коэффициент Зеебека определяет дифференциальную чувствительность термопары или абсолютную термоЭДС конкретного металла, т.е. величину термоЭДС на один градус изменения температуры между горячим и холодным спаем термопары или вдоль выбранного направления в образце. Рассуждения автора о необходимости выбора  $\Delta T$  равной 1 °С в дифференциальном методе излишни (с.11), тем более, что фактически измерялся перепад температур вдоль образца 3-5 градусов.



4. На с.12 автореферата автором сообщается о проведенных измерениях теплопроводности алюминиевых сплавов, но далее нигде не упоминается об использовании результатов данных измерений.

В целом диссертационная работа выполнена на хорошем научно-техническом уровне, представляет собой законченное исследование на актуальную тему, отличается новизной и практической ценностью и полностью соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении учёных степеней (ред. 28.08.2017). Её автор, **Удалая Карина Рустямовна**, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02. – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Директор Общества с ограниченной ответственностью

«Обнинская термоэлектрическая компания»,

кандидат технических наук



Анатолий Александрович Улановский

Телефон: 8 (484) 397-99-05

E-mail: otc-director@otc-obninsk.ru

Адрес предприятия:

ООО «ОТК»

249031, Российская Федерация, Калужская область,

г. Обнинск, ул.Красных Зорь, 30

Подпись Улановского А.А. заверяю:

Помощник руководителя (специалист по кадрам)



/ Денисенко И.В. /  
14 мая 2018 г.

В диссертационный совет 212.132.02 при  
ФГАОУ ВО «Национальный  
исследовательский технологический  
университет «МИСиС»  
119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4

### Отзыв

на автореферат диссертационной работы Удалой Карины Рустямовны «Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

Метод термоэДС давно применяется в чёрной металлургии для анализа химического состава стали. На основе эффекта Зеебека разработаны датчики и приборы, позволяющие оперативно определять содержание углерода и кремния в расплаве. Устройства, работающие по методу термоэДС, обладают гораздо меньшей стоимостью по сравнению со спектральными приборами, просты в использовании и не требуют специально обученного персонала. Внедрение неразрушающих методов, например, метода термоэДС, в промышленность, могло бы существенно снизить затраты на контроль качества и составить конкуренцию спектральным методам. Поэтому тема работы является актуальной и представляет интерес для развития чёрной и цветной металлургии.

Научная новизна и практическая значимость данной работы состоит в исследовании интегральной термоэДС тройных алюминиевых сплавов Al-Mn-Cu и железоуглеродистых сплавов Fe-C-Si-Mn от температуры и состава, установлении температурных и концентрационных закономерностей, разработке статистической модели одновременного определения нескольких легирующих элементов. Основные выводы, полученные в результате проведённого исследования, совпадают с поставленными целями.

В литературном обзоре представлены последние исследования различных многокомпонентных сплавов при помощи термоэДС. Во второй главе подробно описаны методики экспериментов, а также характеристики используемого оборудования.

В описательной части работы тщательным образом исследуется зависимость интегральной термоэДС тройного алюминиевого сплава Al-Mn-Cu в литом и отожжённом состоянии от химического состава и температуры. Много внимания уделено исследованию зависимости интегральной термоэДС от температуры отжига при термообработке этих сплавов. Автор сравнивает полученные результаты с результатами измерения электропроводности и твёрдости и разрабатывает методику контроля элементов Cu, Si и Mn в тройных сплавах Al-Mn-Cu.

*К.С. Ковалев*

Поведён анализ большого количества экспериментальных данных о исследовании интегральной термоэкс железоуглеродистых сплавов, полученных другим автором. По результатам анализа также составлена методика определения концентраций углерода, марганца и кремния.

Диссертационная работа изложена доступным языком, оформлена надлежащим образом, но у нас есть замечание, касающееся части, посвящённой железоуглеродистым сплавам: отсутствуют описания температурных закономерностей с металловедческой точки зрения. Автор даёт подробный анализ поведения алюминиевых интегральной термоэкс алюминиевых сплавов, но не углубляется в объяснение причин для сплавов Fe-C-Si-Mn.

В целом о работе мы составили положительное впечатление и считаем, что диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор, Удаля К.Р., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Генеральный директор ООО «Техноцентрприбор»



г.н. Шелковый Эмиль Антонович

113114, г. Москва, ул. Летниковская, д. 16, e-mail: steel@tcpribor.ru



**ЦЕНТР ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**ОТЗЫВ**

**На автореферат диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук УДАЛОЙ КАРИНЫ РУСТЯМОВНЫ  
на тему: «Разработка и исследование термоэлектрического метода  
оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов  
в промышленных металлургических технологиях»**

В диссертационной работе УДАЛОЙ К.Р. поставлена и решена весьма актуальная задача по разработке оперативных методов и средств контроля качества материала, его химического состава и структуры. Экспресс- анализ по рассортировке сплавов, изделий по маркам, структуроскопии, качества термической обработки и т.п., основан на дальнейшем развитии термоэлектрического метода контроля (термоЭДС).

Поставленная задача решается комплексным методом: натурными исследованиями в сочетании с методами математического моделирования, теоретическими разработками и глубоким анализом полученных результатов.

Достоверность полученных результатов подтверждается большим объемом проведенных исследований.

В результате проведенных исследований: получены закономерности изменения интегральной термоЭДС алюминиевых сплавов, а также марок первичного алюминия от температуры горячего электрода; разработаны экспресс-методики контроля содержания кремния, марганца, меди в алюминиевых сплавах, также разработана модель расчётного определения концентрации углерода, кремния и марганца в железоуглеродистых сплавах Fe-C-Si-Mn.

Следует отметить, что разработанные К.Р. УДАЛОЙ экспресс-методики контроля содержания элементов в различных сплавах (в т.ч. сплаве Fe-C-Si-Mn), представляют значительный практический интерес на металлургических предприятиях России.

Результаты выполненных автором исследований достаточно полно представлены в печати.

Вместе с тем, при ознакомлении с текстом автореферата возникли некоторые вопросы:

1 Возможно ли применения метода термо ЭДС для оперативного выявления отклонений режимов термической обработки от заданной технологической инструкции?

2 Возможно ли применение экспресс- методики определения C, Si и Mn в железоуглеродистых сплавах, дополнительно легированных другими элементами: Cr, V, Ni, Ti?

В целом же, рассматриваемая диссертационная работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком инженерном уровне.

Диссертационная работа УДАЛОЙ КАРИНЫ РУСТЯМОВНЫ соответствует:

- специальности 05.16.02-«Металлургия черных, цветных и редких металлов»;

- требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», Утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 года № 842 (с изменениями от 28.08. 2017 года).

Автор работы, УДАЛАЯ КАРИНА РУСТЯМОВНА, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Заместитель начальника Центра  
Энергосберегающих технологий  
ПАО «Магнитогорский  
металлургический комбинат»,  
кандидат технических наук



Михайловский  
Владимир Николаевич

«18» апреля 2018г.

Почтовый адрес:

Публичное акционерное общество

«Магнитогорский металлургический комбинат» (ПАО «ММК»)

ул. Кирова, 93, г. Магнитогорск, Челябинской области, Россия, 455000

E-mail: [mikhaylovskiy.vn@mmk.ru](mailto:mikhaylovskiy.vn@mmk.ru)

Тел: 8-3519-24-69-37, 8-3519-24-41-87



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Удалаи Карины Рустамовны «Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Поиск путей совершенствования средств контроля металлургической продукции, ее полуфабрикатов и исходного сырья по оценке качества и структуры сплавов методами неразрушающего контроля необходим для снижения вероятности образования дефектов в технологиях выплавки и термообработки деформируемых и литейных сплавов. Поиск в этом направлении для алюминиевых сплавов и стали отражен в рецензируемой диссертационной работе К. Р. Удалаи.

Среди комплекса задач, поставленных перед собой диссертантом, выбранный ею подход – исследование закономерностей изменения интегральной термоЭДС для различных сплавов на алюминиевой основе и низкоуглеродистых сплавов на основе железа обладает значительными преимуществами по перспективности при оценке состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях.

Научную новизну работы в реферате отражают направления исследовательской части по установлению закономерностей изменения интегральных термоЭДС, а практическая значимость сосредоточена в моделях и экспресс-методике контроля состава сплавов

Материалы диссертации достаточно полно раскрывают решение сформулированных диссертантом задач выполненного ею исследования. Следует подчеркнуть, что полученные закономерности изменения термоЭДС исследованы на современной экспериментальной базе. Это определяет перспективность их использования в технологиях черной и цветной металлургии, машиностроении для контроля заготовок и изделий из сплавов различных металлов в процессах их тепловой обработки.

Достижением диссертанта следует считать разработку экспресс-методики для определения углерода, кремния и марганца в железоуглеродистых сплавах, использование которой способно повысить качество выпускаемой продукции.

По автореферату диссертации имеются замечания:

1. В автореферате не представлены материалы по оценке точности результатов использования полученных автором закономерностей по оценке состава и структуры исследованных сплавов.

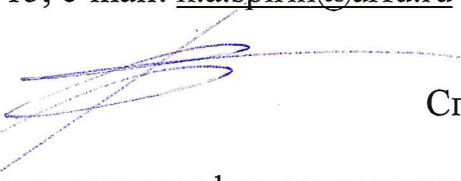
2. В автореферате отсутствует описание требуемого оборудования для реализации в промышленности предложений диссертанта по оценке состава и структуры многокомпонентных сплавов.



Отмеченные замечания не снижают актуальности и целостности теоретических и экспериментальных исследований, выполненных диссертантом на достаточно высоком научном уровне.

Диссертационная работа Удалаи Карины Рустамовны «Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях» соответствует требованиям п. 9 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, заведующий кафедрой «Теплофизика и информатика в металлургии» Института новых материалов и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента РФ Б.Н. Ельцина», профессор  
Тел. (343) 375-48-15, e-mail: [n.a.spirin@urfu.ru](mailto:n.a.spirin@urfu.ru)



Спирин Николай Александрович

Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор кафедры «Теплофизика и информатика в металлургии» Института новых материалов и технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента РФ Б.Н. Ельцина»

Тел./факс: +7 (343) 375-44-51, e-mail: [yury-y@planet-a.ru](mailto:yury-y@planet-a.ru)



Ярошенко Юрий Гаврилович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет»

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 28

E-mail: [rector@urfu.ru](mailto:rector@urfu.ru)

Тел./факс: +7 (343) 375-44-39



11 мая 2018 года

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Удалой Карины Рустямовны «Разработка и исследование термоэлектрического метода оценки состава и структуры многокомпонентных сплавов в промышленных металлургических технологиях», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

Термоэлектродвижущая сила представляет интерес для исследований как одна из физических характеристик, наиболее чувствительных к электронному строению металлов и сплавов. Однако её практическое применение в технике в настоящее время достаточно ограничено, что вызывается проблемами образования надёжной механически связанной измерительной цепи (необходимые стабилизированные перепады температур в контактах, чувствительные электронные схемы и т. п.); эта часть вопросов снимается по мере создания необходимой аппаратуры и позволяет исследовать относительно слабо изученные вопросы разделения вклада металлургических факторов (влияние взаимного содержания примесей, температуры измерений, структур после термообработки, коэффициентов теплопроводности образцов) в величины измеряемых сигналов. В настоящее время метод термоэдс применяется в чёрной металлургии для анализа химического состава стали. На основе эффекта Зеебека разработаны датчики и приборы, позволяющие оперативно определять содержание углерода и кремния в расплаве, отливках, закалённой стальной ленте, производить разбраковку ряда материалов по маркам. Термоэлектрические устройства обладают гораздо меньшей стоимостью по сравнению со спектральными приборами, просты в использовании и не требуют специально обученного персонала. Внедрение их в промышленность способно существенно снизить затраты на контроль качества, составив конкуренцию спектральным методам – особенно в плане обеспечения высокой экспрессности измерений. В свете сказанного тема диссертационной работы является безусловно актуальной и представляет основания для решения задач контроля качества продукции чёрной и цветной металлургии.

Научная новизна и практическая значимость данной работы состоит в исследовании в широких интервалах температур термоэлектрических свойств алюминиевых сплавов Al-Mn-Si-Cu и железоуглеродистых сплавов Fe-C-Si-Mn при их разном составе, установлении температурных и концентрационных зависимостей, разработке статистической модели одновременного определения нескольких легирующих элементов. Основные выводы, полученные в результате проведённого исследования, совпадают с поставленными целями.

В литературном обзоре приведены применяемые в производстве методы анализа химического состава и структуры металлов, описана сущность термоэлектрического метода неразрушающего контроля; представлены исследования различных многокомпонентных сплавов при помощи термоэдс, рассмотрены имеющиеся для этих целей приборы.



Во второй главе подробно описаны методики выполненных автором экспериментов, а также характеристики использованного оборудования.

В описательной части работы тщательным образом и по большому количеству полученного экспериментального материала исследуется зависимость коэффициента Зеебека, а также интегральной термоэдс алюминиевых сплавов Al-Mn-Si-Cu в литом и отожжённом состояниях от химического состава и температуры. Много внимания уделено исследованию зависимости интегральной термоэдс от температуры отжига при термообработке этих сплавов. Ход всех зависимостей анализируется в соответствии с существующими в настоящее время металловедческими представлениями, автор сравнивает полученные результаты с результатами измерения электропроводности и твёрдости. Разработана методика контроля элементов Cu, Si и Mn в промышленных сплавах Al-Mn-Si-Cu.

Проведён анализ большого количества экспериментальных данных по температурным исследованиям интегральной термоэдс железоуглеродистых сплавов. По результатам анализа также составлена методика определения содержания в них углерода, марганца и кремния.

При знакомстве с работой возникли некоторые замечания.

- Автор даёт подробный анализ температурных зависимостей термоэдс алюминиевых сплавов с металловедческой точки зрения, но не углубляется в подобное описание поведения аналогичных кривых для сплавов Fe-C-Si-Mn.

- Наряду с термоэдс проводилось изучение ряда других физических характеристик (электропроводность, теплопроводность, твёрдость) рассмотренных сплавов, однако не предпринято попыток взаимного приборного и методического использования всех полученных данных; параллельное привлечение различных методов измерений и связанных с ними независимых информационных параметров могло бы помочь расширению практических возможностей, например, при разбраковке сплавов в производстве.

Указанные замечания не умаляют несомненных достоинств выполненной работы и не влияют на её высокую оценку, их следует рассматривать как предложения об углублении практических исследований в данной области в сотрудничестве со специалистами близких научно-технических направлений для более полного применения полученных результатов на соответствующих предприятиях. По значимости полученных результатов, а также по форме представления данная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), а её автор, Удаляя К.Р., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов».

Ведущий научный сотрудник, к.т.н.  
ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси»  
220072, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. Академическая, 16  
Тел.: +375 17 284 10 74  
e-mail: sharando@iaph.bas-net.by

В.И. Шарандо



Подпись \_\_\_\_\_

Ученый секретарь  
ИПФ НАН БЕЛАРУСИ \_\_\_\_\_

УДОСТОВЕРЕНИЕ  
М.В. Асадчая