

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Шерметова Астемира Хусеновича «Поверхностное натяжение и плотность расплавов на основе свинца и алюминия и смачиваемость ими твёрдых металлических поверхностей (Cu, Al, Ti, Ni-Cr, Co-Cr, конструкционных и реакторных сталей)», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

**Актуальность работы.** Экспериментальное исследование поверхностных свойств расплавов свинца и алюминия с добавками второго компонента имеют важное практическое и прикладное значение. Известно, контакт жидкого металла или сплава с поверхностью твердого, более тугоплавкого материала осуществляется при протекании обширного класса физических явлений и технологических процессов. Так, например, известен факт образования плёночного режима течения теплоносителя при плохом смачивании им материала теплообменника. Такой режим течения приводит к снижению эффективности теплоотвода. В случае ядерных реакторов данная проблема стоит особо остро, т.к. в них в качестве теплоносителя используются металлические расплавы. Для изготовления сварной, паяной и литой аппаратуры, работающей в условиях средней и повышенной агрессивности, как правило, используют Pb, Cu, Al, Ni и сплавы на их основе. Сплавы алюминий-медь широко применяются в промышленности при изготовлении некоторых деталей турбогенераторов, двигателей, и в машиностроении.

Таким образом, тема диссертационной работы Шерметова Астемира Хусеновича «Поверхностное натяжение и плотность расплавов на основе свинца и алюминия и смачиваемость ими твёрдых металлических поверхностей (Cu, Al, Ti, Ni-Cr, Co-Cr, конструкционных и реакторных сталей)» является актуальной, а полученные результаты исследования поверхностных свойств (поверхностного натяжения, адсорбции, угла смачивания) представляют интерес с фундаментальной и прикладной точек зрения.

## **Степень обоснованности научных положений и выводов.**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы и изложена на 174 страницах.

**Во введении** сформулированы актуальность, цели и задачи диссертационной работы, а также представлены научная новизна, практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту и аprobацию работы.

**Первая глава** посвящена критическому анализу литературных данных по теме диссертации. Показано, что система свинец – натрий в области с малым содержанием натрия мало изучена. Так же нет данных по смачиванию тугоплавких металлов расплавами алюминий – медь.

**Во второй главе** описывается методика проведения экспериментов. Все эксперименты были проведены методом «большой» лежащей капли как в вакууме, так и в атмосфере гелия марки А.

**В третьей главе** приводятся результаты исследования влияния малых концентраций (до 0,46 ат.%) натрия в свинце и добавок меди (до 70 ат.%) в алюминий на плотность и поверхностное натяжение расплавов, мольных объёмов и адсорбцию. Показано, что добавки натрия в расплав свинца уменьшают плотность и поверхностное натяжение. При этом на изотермах плотности и поверхностного натяжения (ПН) расплавов обнаруживаются аномалии при концентрации порядка 0,21 ат.% натрия. Анализ политеческой плотности и ПН расплавов системы Pb-Na показал, что они зависят от температурных режимов – наблюдается гистерезис. Автор объясняет наличие этой особенности структурными изменениями в расплаве и проходящими адсорбционно-десорбционными процессами. На сложный характер адсорбционно-десорбционных процессов указывают изотермы ПН и адсорбции.

При изучении плотности, ПН и адсорбции Al в расплавах Al-Cu было установлено, что:

1. Добавки меди в расплав Al-Cu повышают плотность и ПН расплава;

2. С увеличением концентрации меди в расплаве Al-Cu адсорбция Al на поверхности капли расплава увеличивается;

3. На изотермах адсорбции в системе Al-Cu имеется локальный минимум.

**В четвертой главе** приведены полученные экспериментально политетры угла смачивания сплавов на основе свинца различных металлических поверхностей, морфологии и состава поверхности исследуемых образцов. Показано, что с увеличением концентрации натрия в расплаве существенно уменьшаются значения краевых углов смачивания подложек из Ni-Cr, Co-Cr и нержавеющей стали 25Х18Н9С2.

На политетрах были обнаружены «пороги» смачивания, и было установлено, что в изученном концентрационном интервале расплавы Pb-Na не смачивают указанные подложки.

При изучении морфологии поверхности расплава и подложки после контакта с расплавом обнаруживаются игольчатые структуры и другие образования. Химический анализ показывает, что ни в капле расплава, ни на поверхности натрий не обнаруживается.

**В пятой главе** приводятся результаты экспериментального исследования смачиваемости расплавами на основе свинца, алюминия и меди конструкционных и реакторных сталей.

Установлено, что расплавы Pb-Ni смачивают подложки из меди, но не наблюдается смачивание подложек из алюминия, что объясняется наличием на ней устойчивой оксидной плёнки.

Также установлено, что расплавы Al-Cu смачивают исследуемые подложки из из Ni-Cr, Co-Cr, нержавеющей стали 25Х18Н9С2 и Ti.

При изучении смачиваемости реакторных сталей ЭК 173, ЭК 181, ЭК 450, ЭП 753А, ЭП 753тур расплавом Pb-Bi эвтектического состава, так же, обнаружаются, погори смачивания.

**Оценка новизны и достоверности.** Научная новизна результатов работы

заключается в следующем:

- во-первых, впервые изучено влияние малых добавок натрия на температурные зависимости плотности и поверхностного напряжения расплавов свинец – натрий;
- во-вторых, впервые исследовано влияние малых добавок натрия на концентрационные зависимости адсорбции и мольного объема в расплавах Pb-Na.;
- в-третьих, впервые получены данные по степени смачивания различных твердых металлических поверхностей (Ni-Cr, Co-Cr, сталь 12Х18Н9С2) расплавами Al-Cu;
- в-четвертых, изучено влияние малых добавок никеля к свинцу на температурную зависимость степени смачиваемости подложек из меди и алюминия расплавами Pb-Ni;
- в-пятых, результаты исследований спектроскопическими методами (РФЭС, ОЭС, СЭМ) морфологии и составов поверхностей изученных объектов свидетельствуют о полислойности и неоднородности поверхностных слоёв.

Достоверность научных результатов диссертации определена: применением современных экспериментальных методов измерения поверхностных свойств, основанных на новых информационных технологиях; согласованностью результатов, полученных различными методами; хорошей воспроизводимостью результатов измерений, полученных на использованной в работе аппаратуре и согласованностью анализа и экспериментальных результатов с известными теоретическими уравнениями.

Содержание диссертации полностью отражено в 23 опубликованных в научной печати работах, в том числе 12 работ в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 6 работ из которых индексируются международными системами цитирования Scopus и Web of Science. Результаты, представленные в диссертации, обсуждались на различных конференциях и получили одобрение ведущих специалистов.

**Автореферат** полностью отражает содержание диссертационной работы.

Однако, по диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Не достаточно подробно описаны отличие погрешности температурного коэффициента плотности и мольного объёма, полученные при разных температурных режимах (стр. 66 и 75 диссертации), а в автореферате оценка погрешности вообще не приводится и не обсуждается.
2. Одним из важных результатов работы является установления гистерезиса плотности, мольного объёма и сложной зависимости температурных коэффициентов этих величин. Можно ли предполагать некоторые универсальные границы гистерезиса, например, по концентрации компонентов, от каких параметров может зависеть ширина гистерезиса?
3. Например, анализ рис. 5-7,9 автореферата и соответствующих рисунков в диссертационной работе (рис. 3.15 и 3.28) показывает, что существует некоторый «сдвиг» между положением максимум на изотерме адсорбции и точке перегиба на изотерме поверхностного натяжения. С чем данный эффект может быть связан? Кроме того, существенным отличием рис. 5-7 автореферата от рис. 9 и соответствующих рисунков в диссертационной работе рис. 3.15 и 3.28 является наличие локального минимума на изотермы адсорбции Al в расплавах Al-Cu. Каковы причины такого эффекта?
4. На с. 109 диссертации утверждается, что «Образующиеся квазимолекулярные микрогруппировки (КМО) действуют как «третий компонент» в бинарном расплаве, обуславливая появление экстремумов на изотермах поверхностного натяжения. При этом одновременно с этим процессом, меняются морфология и состав поверхностного слоя.». На мой взгляд, было бы ценным описать, как именно меняется морфология поверхностного слоя, установлены ли какие то закономерности из анализа данных, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа.
5. В некоторых случаях, например, рис. 4.3, 4.4 диссертационной работы или рис. 10, 18 автореферата и др. экспериментальные значения «связываются» отрезками. На мой взгляд, наиболее приемлемой и удачной формой представления результатов являются аппроксимации, как это сделано автором для политетрм плотности.

6. У небольшого количества библиографических ссылок отсутствует некоторые элементы библиографического описания.

Несмотря на высказанные вопросы и замечания, которые носят уточняющий характер, диссертационная работа Шерметова А.Х. является законченным исследованием. Приведенные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее ценность.

### **Заключение**

Диссертационная работа выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, практической ценностью, является самостоятельной и законченной научно-квалификационной работой. Опубликованные работы отражают основное содержание диссертации. Работа выполнена на высоком научном уровне и вносит существенный вклад в представления о теплофизических свойствах расплавов на основе свинца и алюминия. Результаты, полученные автором, достоверны, выводы обоснованы. Диссертационная работа отвечает требованиям пунктов 9-14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Шерметов Астемир Хусенович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры общей физики ФГБОУ ВО  
«Тверской государственный университет»  
«~~24~~ » 12 2021 г.

Н.Ю. Сдобняков

Рабочий адрес: 170002, Тверь, Садовый пер., 35, ауд. 217  
Телефон: (4822) 58-14-93, доб. 106  
e-mail: nsdobnyakov@mail.ru

Подпись доцента Сдобнякова Н.Ю. удостоверяю.

Врио ректора



С.Н. Смирнов