

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.401.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 23 мая 2023 года № 181

О присуждении Мартусевичу Ефиму Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование технологии получения алюминиевых сплавов в миксерах с использованием программно-инструментальной системы моделирования и оптимизации» по специальности 2.6.2. «Металлургия черных, цветных и редких металлов» принята к защите 21.03.2023 г. (протокол заседания № 179) диссертационным советом 24.2.401.01 на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный р-н, ул. Кирова, зд. 42; приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Мартусевич Ефим Александрович, «14» декабря 1993 года рождения, в 2021 г. с отличием окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство науки и высшего образования РФ, с получением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». В настоящее время работает в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» младшим научным сотрудником лаборатории электронной микроскопии и обработки изображений, по совместительству – старшим преподавателем на кафедре прикладных информационных технологий и программирования.

Диссертация выполнена на кафедре металлургии цветных металлов и

химической технологии ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – Рыбенко Инна Анатольевна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладных информационных технологий и программирования ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет».

Официальные оппоненты:

Спирин Николай Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплофизики и информатики в металлургии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»;

Безруких Александр Иннокентьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры литейного производства федерального государственного автономного образовательного учреждения «Сибирский федеральный университет» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», в своем положительном заключении, подписанном заведующим кафедрой литейных и высокоэффективных технологий, доктором технических наук, профессором Никитиным Константином Владимировичем и утвержденным первым проректором по научной работе доктором технических наук, профессором Ненашевым Максимом Владимировичем, указала, что диссертация Мартусевича Е.А. удовлетворяет требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в редакции от 11.09.2021 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Рассматриваемая диссертация является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой, имеющей логичную структуру и внутреннее единство, в которой решена актуальная задача – совершенствование технологии получения алюминиевых сплавов в миксерах с использованием программно-инструментальной системы моделирования и оптимизации, имеющая важное значение для металлургической

отрасли. Результаты диссертационной работы апробированы и внедрены в производство на металлургических предприятиях АО «РУСАЛ Новокузнецк» и ООО «Полимет». Автор, Мартусевич Е. А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ. В публикациях отражены основные научные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 54 печатных листа. В публикациях, включенных в список основных по теме диссертации и подготовленных в соавторстве, вклад соискателя составляет 75 %. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных соискателем ученой степени.

Наиболее значимые работы по теме диссертации: 1) Мартусевич, Е.А. Алгоритмическое и программное обеспечение информационно-обучающей системы «Шихтовщик алюминиевого расплава» / Е.А. Мартусевич, В.Н. Буинцев, С.Н. Калашников // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4. – С. 1–8. 2) Мартусевич, Е.А. Структура и математические модели информационно-обучающей системы «Шихтовщик алюминиевого расплава» / Е.А. Мартусевич, В.Н. Буинцев, С.Н. Калашников // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 2. – С. 1–14. 3) Особенности применения информационных экспертных систем в металлургии на основе интеллектуальной обработки данных и знаний / С.Н. Калашников, В.Н. Буинцев, Е.А. Мартусевич [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 1. – С. 1–10. 4) Мартусевич, Е.А. Совершенствование технологии получения алюминиевых сплавов в миксерах литейного отделения с использованием программно-инструментальной системы моделирования и оптимизации / Е.А. Мартусевич, И.А. Рыбенко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. – 2022. – Т. 22. – № 4. – С. 31–37. 5) Мартусевич, Е.А. Детерминированная математическая модель динамики изменения химического состава и температуры расплава при порционном смешивании первичного алюминия-сырца в процессе получения

алюминиевых сплавов в электрических миксерах сопротивления для определения оптимальных условий реализации процесса / Е.А. Мартусевич, И.А. Рыбенко // Теория и технология металлургического производства. – 2022. – №4(43). – С. 9–14. б) Мартусевич, Е.А. Результаты исследования процесса формирования перспективных сплавов с использованием программно-инструментальной системы моделирования и оптимизации / Е.А. Мартусевич // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2022. – №11(78). – С. 959–966.

На диссертацию и автореферат поступило 15 отзывов, все отзывы положительные, отмечена новизна, научная и практическая значимость работы.

Отзывы без замечаний: 1) Иванов Федор Иванович, д.х.н., профессор кафедры естественно-научных дисциплин Кузбасского гуманитарно-педагогического института ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»; 2) Загайнов Сергей Александрович, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Металлургия железа и сплавов» ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет» имени первого президента России Б. Н. Ельцина; 3) Михайлов Геннадий Георгиевич, д.т.н, профессор, главный научный сотрудник кафедры материаловедения и физико-химии материалов ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет».

Отзывы с замечаниями: 1) Баранов Анатолий Никитич, д.т.н., профессор, профессор кафедры металлургии цветных металлов ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (1. Автор в автореферате, приводя описание алгоритма тренажера не приводит параметров расчета материальных балансов и коэффициентов извлечения компонентов в сплаве, что затрудняет сравнение полученных результатов с практическими данными; 2. Кроме того непонятно, какие параметры оптимизации, кроме минимальных затрат могут быть реализованы в предлагаемой модели); 2) Муравьев Виталий Васильевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой приборы и методы измерений, контроля, диагностики ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова» (1. В автореферате не представлены конечные расчетные значения, полученные с использованием программно-инструментальной системы «Алюминщик» для

одного из выбранного алюминиевого сплава; 2. На рисунке 7 автореферата отсутствуют сведения о погрешности измерений содержания компонентов в сплаве АЛ6); 3) Леонтьев Леопольд Игоревич, академик РАН, д.т.н., профессор, советник генерального директора ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина» (С использованием реализованного программного комплекса отмечается повышение производительности литейного отделения, однако в автореферате не хватает подробностей представленной схемы расчета этих показателей); 4) Шаркеев Юрий Петрович, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник лаборатории физики наноструктурных биокomпозитов ФГБУН «Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук» (1. В автореферате не отмечено, какие конкретно задачи решаются при использовании разработки в учебном процессе; 2. Седьмой вывод сообщает, что «Программный комплекс «Алюминщик» внедрен в учебный процесс СибГИУ и используется при подготовки бакалавров». Следовало бы ввести небольшой раздел, посвященный решению данной задачи); 5) Старостенков Михаил Дмитриевич, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» (Автореферат содержит недостаточное количество скриншотов интерфейса программного комплекса «Алюминщик» для оценки всех имеющихся возможностей реализованной математической модели объектов и особенностей использования метода оптимизации для определения технологических режимов получения выбранного алюминиевого сплава в миксере); 6) Панин Сергей Викторович, д.т.н., профессор, заведующий лабораторией механики полимерных композиционных материалов ФГБУН «Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук» (В п.1 научной новизны автор упоминает «математическую модель изменения химического состава»; на стр. 5 используется обозначение «детерминированная математическая модель динамики изменения химического состава», в то время как на стр. 8 говорится о «математической модели процесса формирования алюминиевого расплава в миксере». Видимо автор имеет в виду одно и то же, но использует различную терминологию. То же касается «алгоритма динамического программирования», стр. 4, который на стр. 12 именуется как «алгоритм решения

задачи оптимизации»); 7) Оленников Алексей Александрович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой информационной безопасности ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» (Из автореферата не совсем понятно, какие именно данные принимались во внимание при проверке адекватности модели?); 8) Кожухов Алексей Александрович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой металлургии и металловедения им С.П. Угаровой Старооскольского технологического института им А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (1. В разделе 2 автореферата отмечено, что с использованием программного комплекса можно проводить вычислительные эксперименты, но не сказано, какие именно, не показан пример; 2. В разделе 4 в первом абзаце, сказано, что проведена оценка адекватности модели, но не представлены численные показатели этой оценки); 9) Маркидонов Артем Владимирович, д.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой информатики и вычислительной техники им В.К. Буторина, Кузбасский гуманитарно-педагогический институт ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (Описание классов, используемых в программном комплексе, более уместно было бы представить в виде диаграммы); 10) Каледин Валерий Олегович, д.т.н., профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией математического моделирования новокузнецкого института (филиала) ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (В качестве замечания можно отметить, что было бы целесообразно подробнее описать составляющие достигнутого технического и экономического эффекта при внедрении результатов работы); 11) Петроченко Елена Васильевна, д.т.н., профессор, профессор кафедры литейных процессов и материаловедения ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им Г. И. Носова» (Согласно рис. 7 фактическое содержание компонентов расплава (Fe, Si, Cu, Zn) превышает расчетные значения. Эта особенность осталась без комментариев); 12) Поткаев Александр Иванович, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры экспериментальной физики физического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (Можно предложить автору дополнительно представить актуальные доводы о необходимости совершенствования технологического процесса получения

алюминиевых сплавов высоким спросом на качественную металлопродукцию и повышенной конкуренцией на рынке металлов с другими странами).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, научной квалификацией, достижениями в области математического моделирования и оптимизации металлургических процессов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

*разработана* математическая модель изменения химического состава и температуры расплава при порционном смешивании первичного алюминия, обработке его флюсами, лигатурами и учитывающая процессы диффузии компонентов в ванне миксера при получении алюминиевых сплавов различных марок; метод расчета оптимальных параметров порционного смешивания алюминия-сырца в миксере с учетом обработки лигатурами и флюсами, включенный в схему алгоритма динамического программирования с использованием симплекс-метода при изменяющихся начальных условиях и ограничениях, обеспечивающий решение задачи формирования алюминиевого расплава с заданными характеристиками при минимальных технологических затратах; программный комплекс «Алюминщик», реализующий математические модели и методы оптимизации, для проведения вычислительных экспериментов по определению оптимальных условий реализации процесса, оптимальные ресурсосберегающие режимы получения алюминиевых сплавов, обеспечивающие получение металла с заданными свойствами, повышение производительности электрических миксеров сопротивления и снижение затрат на единицу продукции.

*Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:*

*доказаны* закономерности и механизмы динамики изменения химического состава компонентов алюминиевого расплава и процессов диффузии в миксере при последовательном смешивании алюминия-сырца из литейных ковшей с учетом присадок лигатур и флюсов при приготовлении алюминиевого расплава; *применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы* реализованные в инструментальной системе математические модели и методы

оптимизации, позволившие проводить вычислительные эксперименты по определению оптимальных технологических режимов процесса приготовления алюминиевого расплава в электрическом миксере сопротивления;

*изложены* особенности реализации процесса приготовления алюминиевого расплава в электрических миксерах сопротивления;

*раскрыты* причинно-следственные связи влияния расходов материалов на качество формируемого расплава, количество корректирующих операций и время приготовления расплава;

*изучены* закономерности процесса формирования приготовления алюминиевых сплавов в миксерах путем последовательного смешивания алюминия-сырца из литейных ковшей и присадок лигатур и флюсов;

*проведена* апробация оптимальных технологических режимов с использованием программного комплекса «Алюминщик» при приготовлении сплава марки АД31 на предприятии ООО «Полимет», которое показало его высокую эффективность, позволило уменьшить длительность технологической операции на 10 % и снизить расход электроэнергии на 4 %.

*Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:*

*разработан и внедрен* в производство на АО «РУСАЛ Новокузнецк» с ожидаемым экономическим эффектом 40,7 млн. руб. в год программный комплекс «Алюминщик», осуществляющий расчеты оптимальных ресурсосберегающих режимов получения литейных и деформируемых алюминиевых сплавов, что позволило на 20 % уменьшить количество брака из-за некорректно принятых решений, снизить затраты на получение единицы продукции на 200 – 250 руб/т за счет рационального распределения материальных ресурсов и уменьшить длительность технологической операции на 10 %; научные результаты диссертационной работы использованы в образовательной сфере при подготовке бакалавров, обучающихся по направлениям 22.03.02, 22.04.02 «Металлургия», 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 09.03.03 Прикладная информатика.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

*полученные результаты* подтверждены корректным использованием методов

математического моделирования и оптимизации, сходимостью результатов теоретических исследований с результатами промышленных данных, адекватностью математических моделей, проверенных путем сопоставления расчетных и фактических данных промышленных плавов;

*теория* построена на законах сохранения материального и теплового балансов, уравнениях диффузии с распределенными параметрами и уравнениях динамики изменения концентрации компонентов алюминиевого расплава в миксере, хорошо согласуется с опубликованными данными других исследователей;

*идея базируется* на использовании методов математического моделирования и оптимизации для определения оптимальных технологических режимов приготовления алюминиевого расплава в миксере с заданными свойствами при снижении затрат на получение единицы продукции;

*использовано* сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике диссертации, результатов теоретических исследований с результатами промышленных данных, полученных на АО «РУСАЛ Новокузнецк»;

*установлена* согласованность авторских результатов с основными результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике и с результатами фактических промышленных данных;

*использованы* методы термометрии для определения температуры формируемого расплава, химического и спектрального анализа для оценки состава расплавов первичного алюминия, современные методики сбора и обработки информации, методы математического моделирования, оптимизации и программирования.

Личный вклад соискателя состоит в создании математической модели процесса формирования алюминиевого расплава, разработке численного метода оптимизации параметров смешивания алюминия-сырца из литейных ковшей в миксере с учетом присадок лигатур и флюсов, в проектировании и реализации программного комплекса «Алюминщик» на языке программирования высокого уровня С# с использованием объектно-ориентированного подхода, в проведении численных экспериментов, анализе полученных результатов, разработке оптимальных технологических режимов получения алюминиевых сплавов различных марок в миксере.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: необходимо более подробно учитывать термодинамические и теплофизические процессы в математической модели при дальнейшем развитии тематики исследования.

Соискатель Мартусевич ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел собственную аргументацию и согласился с критическими замечаниями, которые будут учтены в дальнейшей работе.

На заседании 23 мая 2023 г. диссертационный совет принял решение:

за решение актуальной научной задачи, имеющей важное значение для развития отрасли знаний в области информационных технологий в цветной металлургии и заключающейся в определении оптимальных технологических режимов формирования алюминиевых сплавов в миксере с использованием методов математического моделирования и оптимизации, реализованных в программно-инструментальной системе «Алюминщик», присудить Мартусевичу Ефиму Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности 2.6.2. «Металлургия черных, цветных и редких металлов», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней нет.

Председатель  
диссертационного совета

Евгений Валентинович Протопопов

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Александр Александрович Уманский

23 мая 2023 г.