

## УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор-проректор по научной  
работе федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Самарский госу-  
дарственный технический университет»  
д-р техн. наук, профессор

М.В. Ненашев

«27»

04

2023 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Мартусевича Ефима Александровича на тему  
«Совершенствование технологии получения алюминиевых сплавов в мик-  
серах с использованием программно-инструментальной системы модели-  
рования и оптимизации», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности  
2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

### Актуальность темы диссертационного исследования

В настоящее время одной из ресурсоемких отраслей промышленности является цветная металлургия, в частности, производство алюминиевых сплавов. Получение алюминиевого сплава с заданными характеристиками осуществляется в миксере литейного отделения и является сложным физико-химическим процессом, заключающемся в последовательном смешивании алюминия-сырца, полученного методом электролиза, с последующей обработкой расплава лигатурами и флюсами.

На сегодняшний день этот процесс в наибольшей степени зависит от человеческого фактора, в том числе и от квалификации шихтовщика, который вручную управляет процессом. Это зачастую приводит к избыточному количеству корректирующих операций, увеличению времени приготовления расплава, снижению производительности электрического миксера сопротивления и повышению затрат на единицу готовой продукции. Следовательно, совершенствование технологии и разработка оптимальных ресурсосберегающих режимов формирования алюминиевого расплава в электрических миксерах сопротивления является актуальной задачей для алюминиевого производства. Для решения этой задачи большое значение приобретает вычислительный эксперимент с использованием математического моделирования и программно-инструментальных систем. Такой подход позволяет обеспечить получение сплавов с заданными свойствами при минимальных затратах энергии и труда на получение единицы годной продукции.

В связи с вышесказанным, в рамках интенсивной цифровой трансформации металлургической отрасли актуальна разработка и промышленное использование программных средств, позволяющих оптимизировать технологический процесс производства алюминиевых сплавов за счет снижения временных,

энергетических и материальных затрат, а также повышения производительности миксеров литейных отделений.

Сформулированные и реализованные в диссертации подходы к использованию цифровых технологий с применением средств математического моделирования и методов оптимизации могут быть широко использованы при решении практических задач, как в цветной, так и в черной металлургии.

### **Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Автором диссертации выполнен большой объем вычислительных экспериментов и научно-практических исследований, позволивших получить новые знания и практические рекомендации по оптимизации технологических режимов получения алюминиевых сплавов в миксерах литейного отделения. К числу наиболее существенных научных результатов, обладающих научной новизной, можно отнести следующие:

- 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;

- оптимальные ресурсосберегающие режимы, обеспечивающие получение алюминиевых сплавов с заданными свойствами, повышение производительности электрических миксеров сопротивления и снижение затрат на единицу продукции.

### **Значимость полученных автором диссертации результатов для науки и производства**

Разработанные математические модели и метод оптимизации позволяют определять оптимальные технологические режимы получения алюминиевых сплавов в электрических миксерах сопротивления, обеспечивающие ресурсо- и энергосбережение, повышение производительности и качества алюминиевой металлопродукции. Программный комплекс «Алюминщик» предназначен для использования в качестве интеллектуального помощника технологического персонала, повышения квалификации работников алюминиевой промышленности, а также обучения студентов вузов и техникумов.

### **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений**

Обоснованность научных достижений подтверждается корректным использованием методов математического моделирования и оптимизации, сходностью результатов теоретических исследований с результатами промышлен-



ных данных, адекватностью математических моделей, проверенных путем сопоставления расчетных и фактических данных промышленных плавок. Обоснованность выдвигаемых в работе научных положений и выводов подтверждается корректной сопоставимостью результатов теоретических разработок, экспериментальных исследований и практической реализации.

#### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Изложена на 140 страницах, содержит 45 рисунков, 14 таблиц, список литературы из 148 наименований и 9 приложений.

Структура диссертации выстроена логично и свидетельствует о высоком профессиональном уровне автора. Выводы и рекомендации, сформулированные по каждой главе и в диссертации в целом, обоснованы и аргументированы.

*Во введении* отражена актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, представлены основные положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов, отмечен личный вклад автора, указаны структура и объем диссертации.

*В первой главе* приведен литературный анализ по теме исследования. Автором рассмотрено современное состояние металлургии алюминия и действующая технология производства, подходы к моделированию и оптимизации технологических этапов получения алюминиевых сплавов.

*Вторая глава* посвящена разработке математической модели и метода расчета оптимальных параметров процесса получения алюминиевых сплавов в миксере.

*В третьей главе* представлены результаты разработки программно-инструментальной системы моделирования и оптимизации, обеспечивающей формирование алюминиевого расплава с заданным химическим составом за наименьшее количество технологических операций.

*В четвертой главе* представлены результаты исследования последовательного процесса формирования различных алюминиевых сплавов с использованием программно-инструментальной системы «Алюминщик» путем проведения сравнительного анализа фактических и модельных данных.

*В заключении* представлены основные результаты выполненного исследования.

*В приложениях* приведены акты и справки о практическом использовании и внедрении результатов работы, свидетельство о регистрации программного комплекса «Алюминщик», а также фрагменты программного кода программы.

Таким образом, диссертация является завершенной квалификационной работой, основные научные положения, выводы, предложения и рекомендации которой достаточно логичны и аргументированы. Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ и по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует паспорту специальности 2.6.2. – «Металлургия черных, цветных и редких металлов» по следующим

пунктам: п. 23 «Материало-и энергосбережение при получении металлов и сплавов»; п. 26 «Математическое моделирование процессов производства черных, цветных и редких металлов, формирования техногенных месторождений и способов их утилизации. Управление и оптимизация металлургическими процессами».

Однако по диссертационному исследованию имеются следующие замечания и вопросы:

1. В тексте диссертации отсутствуют ссылки на нормативные документы, регламентирующие химические составы сплавов, задействованных в исследовании. Используется устаревшая маркировка некоторых сплавов. Например, в ГОСТ 1583-93 старой маркировке АЛ9 соответствует АК7ч. Сплав с маркировкой АЛ6 в данном ГОСТ отсутствует. Данная марка была в ГОСТ 2685-75, который в настоящее время не действует. В сплаве АЛ6 содержание кремния регламентировалось в интервале 4,5-6,0%, а меди 2,0-3,0%. Возникает вопрос: почему на рис. 4.11 и 4.12 корреляционные поля для кремния и меди (как легирующих элементов) в минимальных значениях начинаются с 0%? Почему использовался этот сплав, отсутствующий в настоящее время в действующей нормативной документации?

2. В черно-белом изображении рис. 4.5 абсолютно непонятен и неинформативен. Как автор может его прокомментировать?

3. Непонятно, каким образом технологическому персоналу будут представлены результаты расчета оптимальных технологических режимов приготовления алюминиевых сплавов в миксере.

4. В работе описаны функциональные возможности программного комплекса «Алюминщик», однако не представлена инструкция по использованию этой программы.

Перечисленные недостатки и замечания не снижают научной и практической значимости работы и не влияют на основные выводы и результаты.

### **Соответствие автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат полно и точно отражает содержание диссертации, содержит в достаточном объеме иллюстративный материал и необходимые пояснения. Текст автореферата написан с учетом требований ГОСТ и ВАК РФ.

### **Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати**

По материалам диссертации опубликовано 27 печатных работ, в том числе: 7 – в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК; 3 – в изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science; 13 – в сборниках всероссийских и международных конференций. Получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Таким образом, диссертация Мартусевича Ефима Александровича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основа-



нии выполненных автором исследований решена научная задача создания метода и инструментальных средств, позволяющих определять оптимальные технологические режимы процесса формирования алюминиевых сплавов в миксе-рах литейного отделения, имеющая важное значение для развития отрасли знаний в области информационных технологий в цветной металлургии. Автором изложены новые научно обоснованные технологические решения совершенствования процесса приготовления алюминиевых сплавов с использованием математического аппарата и адаптированного метода оптимизации с учетом материально-технических ограничений. Внедрение результатов работы имеет существенное значение для развития страны. Таким образом, диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Диссертационная работа заслушана и обсуждена на расширенном научном семинаре кафедры литейных и высокоэффективных технологий ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (протокол №4 от 01.04.2023 г.).

Отзыв подготовил:

Заведующий кафедрой литейных и высокоэффективных технологий  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
доктор технических наук, профессор  
(научная специальность 05.16.04 – «Литейное производство»)

Никитин Константин Владимирович

Подпись заведующего кафедрой литейных и высокоэффективных технологий  
д.т.н., профессора Никитина К. В. удостоверяю:  
Ученый секретарь СамГТУ  
д-р техн. наук



Ю.А. Малиновская

Федеральное государственное образовательное учреждение «Самарский государственный индустриальный университет» (СамГТУ). Факультет машиностроения, металлургии и транспорта.

Адрес: 443100, Самарская область, г. Самара, ул. Первомайская, д. 18

Тел.: +7 (846) 242-36-91

E-mail: rector@samgtu.ru

Официальный сайт: <https://samgtu.ru/>

Дата подписания отзыва « 27 » 04 2023 г.