

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет ИТМО»  
(Университет ИТМО)

Кронверкский пр-т, д. 49, лит. А,  
Санкт-Петербург, Россия, 197101  
Тел.: (812) 232-97-04 | Факс: (812) 232-23-07  
od@itmo.ru | itmo.ru

№ \_\_\_\_\_

«Утверждаю»

Проректор по научной работе  
федерального государственного  
автономного образовательного  
учреждения

высшего образования

«Национальный исследовательский  
университет ИТМО»

доктор технических наук, профессор



В.О. Никифоров

2020 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» на диссертацию Мартыновой Елизаветы Сергеевны на тему: «Автоматизированный контроль теплового состояния электродных печей при регулировании мощности электрической дуги», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия)

### 1 Актуальность темы исследования

Повышение эффективности работы электродных сталеплавильных печей на основе автоматизированного контроля теплового состояния агрегата за счет изучения вопросов контроля теплового поля в шахте печи, состояния электродов и элементов кожуха для эффективного управления дуговой сталеплавильной печью в процессе плавки исходного металлургического

№ 131-9  
от 16.06.2020

сырья является нерешенной до настоящего времени в полном объеме проблемой и остается одной из актуальных задач в металлургической отрасли.

Решением проблемы является контроль температуры в агрегате. Современное развитие цифровых средств сбора и обработки информации открывает новые возможности для расширения использования современных методов оценки температурного поля объекта.

Поэтому тема исследования Мартыновой Е.С. весьма актуальна, поскольку затрагивает область изучения зависимости между температурами расплава, электродов и футеровки печи с установлением значений передаточного теплового коэффициента расплава и элементов футеровки печи.

Выбранная соискателем прикладная задача разработки алгоритма управления тепловым состоянием ванны печи и температурой расплава посредством изменения длины дуги при вводе дополнительных параметров контроля, как характерного примера объектов с периодической структурой, особенно актуальна в силу архаичности используемых в настоящее время в отечественной промышленности средств для решения подобных задач.

Актуальность темы диссертационной работы подтверждается и тем, что предложенные Мартыновой Е.С. модель и алгоритм управления тепловым состоянием ванны печи и температурой расплава посредством изменения длины дуги при вводе дополнительных параметров контроля могут быть распространены и на другие дуговые печи.

## **2 Соответствие диссертационной работы выбранной научной специальности**

Содержание диссертационной работы Е.С. Мартыновой соответствует п. 2, 6 и 10 научной специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия).

Конкретно п.2. «Автоматизация контроля и испытаний» соответствует содержанию Главы 4 диссертационной работы, п.6. «Научные основы, модели

и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления» соответствует содержание Глав 2 и 4 диссертационной работы, а также п.10. «Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей, функциональных и обеспечивающих подсистему АСУТП, АСУП, АСТПП и др.» соответствует содержание Глав 3 и 4 диссертационной работы соискателя.

### **3 Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Представленная к защите диссертация Мартыновой Е.С. изложена на 133 страницах печатного текста, состоит из введения, 4 глав и заключения. Включает в себя достаточный литературный обзор, подробное описание теоретического и экспериментального исследования вопроса, применение математического аппарата, реализованного в современном программном комплексе Matlab, и апробированных научных методов исследований обеспечивает обоснованность полученных результатов.

Используемая соискателем математическая модель дуговой сталеплавильной печи корректна, что подтверждается проверкой ее на архивных данных металлургического завода. Для моделирования теплового состояния дуговой сталеплавильной печи использовался общеизвестный метод конечных разностей. Таким образом, вынесенные на защиту положения обоснованы в тексте диссертационной работы. Сделанные соискателем выводы согласуются с этими положениями.

Диссертация написана технически грамотным языком, автореферат достаточно полно отражает проведенные исследования и полученные результаты. Наличие опубликованных работ по теме исследования (8 печатных работ, в том числе 4 статьи в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на

соискание ученой степени доктора наук, 1 статья в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus, получены 1 патент и 1 свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ), а также апробация на международных конференциях не оставляют сомнений в достоверности полученных результатов и выводов.

#### **4 Научная новизна защищаемых положений и практическая значимость полученных результатов**

Соискателем определен передаточный тепловой коэффициент электродуговой печи на основе полученных зависимостей между температурами расплава и элементами футеровки, и электродов, что позволило методом трехмерного математического моделирования рассчитать распределение температурного поля в различных частях и элементах печи при перемещении электродов в дуговой сталеплавильной печи.

Предложенный соискателем алгоритм позволяет управлять тепловым состоянием ванны и конструктивных элементов печи и температурой расплава посредством изменения длины дуги.

Соискателем обоснованы дополнительные функции АСУ ТП с учетом показателей теплового режима печи на основе косвенного контроля температуры электродов и конструктивных элементов с применением алгоритмов адаптации параметров регулятора для стабильного технологического процесса плавки многокомпонентной шихты.

В целом, предложенный соискателем алгоритм позволяет контролировать тепловое состояние ванны печи, что снижает затраты электроэнергии.

Практическая значимость работы соискателя заключается в разработанном алгоритме управления тепловым состоянием дуговой сталеплавильной печи, который позволяет контролировать измерения температуры в нескольких точках и более точно оценить длину дуги, что повышает уровень управления тепловым состоянием печи при дополнении к

существующим SCADA-системам, а также дает возможность прогноза и оценки технологической ситуации для эффективности управления процессом плавки в ДСП на предприятии ООО «Ростовский электрометаллургический завод».

С практической точки зрения ценность представляет способ контроля параметров дуговых печей, который позволяет уменьшить энергозатраты на 10-15% и повысить качество готового расплава, снизить количество преждевременно выходящих из строя электродов и подовой и боковой футеровки за счет повышения достоверности данных теплового состояния печи.

Не менее практически значимыми являются и реализованные программные продукты для контроля технологических параметров ДСП и управления процессом плавки металлолома (патент на изобретение №2612340 и свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2018614175), апробированные в условиях действующего производства.

## **5 Замечания по диссертации**

1) Соискатель излишнее внимание уделяет классификации существующих в настоящее время дуговых печей (п.1.2).

2) В диссертации рассматривается алгоритм управления дуговой сталеплавильной печью ДСП-90, однако, не ясно, может ли он использоваться для остальных печей на предприятии.

3) На стр. 39 отмечено: «Температуру измеряют только тогда, когда достигнуты условия плоской ванны или не будет подведена определенная энергия для расплавления». Однако, автор не раскрывает понятие «плоской ванны» и ее условий.

4) На стр. 67 диссертационной работы сказано: «Существенное влияние на количество выделяемой теплоты, которая попадает на единицу поверхности футеровки, оказывают конструкция рабочего пространства печи и его размеры». Однако, далее не следует уточнение, каким именно образом

конструкция рабочего пространства печи и его размеры влияют на количество выделяемой теплоты.

5) Излишне подробно рассмотрена структура металлургического комбината. Некоторые разделы первой главы носят описательный характер и могли бы без особого ущерба быть сокращены.

6) В экономических расчётах п. 4.5.2 Расчёт экономической эффективности проекта автоматизации ДСП стр. 117 не учтена стоимость программного обеспечения, разработанного на основе предлагаемого алгоритма.

Приведенные замечания носят частный характер, не снижают научной и прикладной значимости работы и направлены на дальнейшее исследование и внедрение разработанной модели и алгоритма в системы управления тепловым состоянием дуговых сталеплавильных печей.

### **Заключение**

Диссертационная работа Мартыновой Е.С. является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на современном научно-техническом уровне. Работа имеет теоретическое и практическое значение.

Диссертация полностью соответствует п.2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Государственного университета от 26.06.2019 № 839адм, а ее автор **Мартынова Елизавета Сергеевна** заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия).

Отзыв ведущей организации по диссертационной работе Мартыновой Елизаветы Сергеевны заслушан и утвержден на заседании факультета Систем управления и робототехники федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» (протокол № 2 от 11.06.2020 г.).

Декан факультета  
факультета Систем управления и робототехники  
доктор технических наук,  
профессор



Пыркин Антон Александрович

Ученый секретарь  
факультета Систем управления и робототехники  
кандидат технических наук,



Никитина Мария Владимировна

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский университет  
ИТМО»

Почтовый адрес: 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49

Телефон: +7 (812) 233-00-89

Адрес официального сайта: <http://www.itmo.ru>

Адрес электронной почты: [vasilev@itmo.ru](mailto:vasilev@itmo.ru)