

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Мартыновой Елизаветы Сергеевны «Автоматизированный контроль теплового состояния электродных печей при регулировании мощности электрической дуги», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия)

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Мартыновой Е.С. посвящена решению важнейшей научно-практической задачи, связанной с повышением эффективности функционирования электродуговых сталеплавильных печей (ДСП), что достигается в результате глубокого анализа влияния мощности электрической дуги на тепловое состояние процесса, автоматизации процесса плавки многокомпонентных шихтовых материалов и обеспечения устойчивой работы системы регулирования за счет разработки соответствующих алгоритмов управления.

Для производства высоколегированных сталей широкое распространение получили ДСП переменного тока. Это связано с их высокой производительностью и способностью использовать в качестве сырья жидкий чугун, металлический лом, металлизированные окатыши. Кроме того, ДСП признаны сравнительно экологически чистыми установками среди применяемых сталеплавильных печей. Однако, следует признать, что еще далеко не все задачи контроля и управления технологическими параметрами процесса плавки для этих печей решены.

Одна из основных проблем работы ДСП вызвана тем, что вследствие выделения большой мощности в области образования дуги происходит неравномерный нагрев плавления шихтовых материалов, а также самой печи. В процессе плавки длина электрической дуги нестабильна, в силу чего возникает задача поддержания определенного режима работы печи с требуемыми значениями тока, напряжения и мощности при заданном значении длины дуги. В

диссертационной работе предлагается решать эту проблему созданием системы регулирования и разработки соответствующих алгоритмов управления.

Следует отметить, что в настоящее время контроль температуры в ДСП для определения степени готовности металла осуществляется вручную в конце плавки с использованием термопары одноразового применения. Другими словами, существующие методы контроля плавильных процессов дуговых печей и уровень автоматизации не соответствуют современным техническим возможностям, что приводит к преждевременному выходу из строя оборудования (электроды, футеровка печей), а также к получению некачественной продукции.

Все перечисленное выше позволяет сделать заключение, что тема диссертации Мартыновой Е.С., посвященная вопросам автоматизации и управления процессом плавки многокомпонентных шихтовых материалов в ДПС, является **актуальной**.

Научная новизна основных результатов и выводов диссертации

К основным новым научным результатам диссертации Е.С. Мартыновой можно отнести следующие:

— установлены зависимости между температурами расплава, электродов и футеровки электродуговой печи, что позволило определить передаточный тепловой коэффициент, который используется при регулировании;

— с использованием математического и компьютерного моделирования определено пространственное распределение температурного поля в различных частях и элементах печи при перемещении электродов в ДСП и изменения значения напряжения, что послужило основой для дальнейшей разработки и обоснования алгоритма управления тепловым состоянием ванны и конструктивных элементов печи и температурой расплава посредством изменения длины дуги;

— разработан алгоритм адаптивного управления тепловым состоянием ванны и конструктивных элементов печи и температурой расплава посредством изменения длины дуги;

– обосновано введение дополнительных функций АСУ ТП с учетом показателей теплового режима печи на основе косвенного контроля температуры электродов и конструкционных элементов с применением новых алгоритмов управления для обеспечения стабильности технологического процесса плавки многокомпонентной шихты.

Кроме перечисленных результатов, следует отметить получение на основе математической модели Касси для мгновенной проводимости электрической дуги компьютерной модели с использованием программного средства Simulink. В ней учтено, что модель объекта управления отличается наличием нелинейностей, причем не секторных, и перестраиваемой структурой, что существенно усложняет анализ динамических свойств. В состав системы управления включены модели гидропривода и клапана с присущими им динамическими особенностями (ограничения, запаздывание). Для таких сложных систем настройку параметров ПИД-регулятора возможна производить только эмпирически. Разработанные компьютерные модели носят универсальный характер. Они позволяют изучать процессы на различных режимах, использовать их для управления процессами в различных ДСП подобного типа.

Практическая значимость диссертационной работы

Разработанный алгоритм управления тепловым состоянием дуговой сталеплавильной печи повышает эффективность управления процессом плавки в ДСП по ряду показателей качества тепловым состоянием печи при включении его в существующую SCADA-систему на предприятии ООО «Ростовский электрометаллургический завод».

Как показано в работе, предлагаемый способ контроля параметров дуговых печей позволяет уменьшить энергозатраты на 10-15% и, в тоже время, повысить качество готового расплава, а также снизить количество преждевременно выходящих из строя электродов, подовой и боковой футеровки печи.

Разработанные программные средства для контроля технологических параметров печи и управления процессом плавки металлолома, на которые

были получены патент на изобретение и свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ, апробированы в условиях действующего производства, что особенно делает работу практически ценной.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректным использованием известных теоретических методов, методик исследования, непротиворечивостью сформулированных заключений, совпадением вычислительных (компьютерных), лабораторных и промышленных экспериментальных результатов. Кроме того, достоверность подтверждается выступлениями на научно-технических конференциях международного уровня.

Апробация работы

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, основные положения работы докладывались и обсуждались: на I Международной научно-практической интердисциплинарной конференции «Фундаментальные и академические прикладные исследования» (Москва, 15 мая 2017 год); Международной междисциплинарной конференции «Инновации в области науки, техники, бизнес-инженерии, образовании» (Екатеринбург, 30 апреля 2018 год); Международной научно-практической конференции «International Conference on Advancing Knowledge from Multidisciplinary Perspectives in Science, Engineering & Technology» (Красноярск, 4-6 апреля 2019 год); Международной конференции во Фрайбергской горной академии (Фрайберг, 6-7 июня 2019 год).

По теме диссертации опубликовано 8 печатных трудов, в том числе 4 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации. Одна статья включена в международную базу цитирования Scopus. Также получен патент на изобретение и свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ.

В целом текст изложения диссертации отличается хорошей научной стилистикой, логической завершенностью и связанностью. В работе приведен достаточно обширный список библиографической литературы по теме, включающий 104 наименования.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, выводы и основные научные результаты, выносимые на защиту.

Вопросы и замечания по существу работы

1. В табл. 2.7 непонятно, чему равно расстояние от дуги до огнеупоров и в каких единицах представлено.

2. Пункт 2.2.1 называется «Методика определения зависимости ...», однако методика сама по себе отсутствует.

3. В формуле (3.3) на стр. 68 представлена модель теплообмена, которая применялась в работе Игнатова. Возникает вопрос: почему соискатель не воспользовался этой моделью для своих исследований. Кроме того, величина объемной плотности потока между фазами металл-газ q_{mg} присутствует слева и справа от знака равенства, что не совсем понятно.

4. В процессе исследования производилась оценка адекватности аппроксимирующих зависимостей с использованием критерия Фишера, однако результаты вычислений не приводятся.

5. Параграф 4.1 «Управление тепловым состоянием дуговой сталеплавильной печи» посвящен в основном вопросам моделирования температурного поля, поэтому название представляется не совсем удачным.

6. Каким образом задается начальное условие — начальное распределение температуры (начальный температурный профиль) в (4.2)? Можно ли было воспользоваться аналитическим методом решения уравнения (4.1), например, с помощью функции Грина?

7. В работе указано, что шаг дискретизации по времени задается из соображений точности. Почему при этом не учитывается устойчивость разностной схемы, которая определяется совместным выбором шагов дискретизации

по пространственной и временной координатам, а также свойствами физической среды. Почему не использовалась неявная схема, например, известная схема Кранка-Никольсона?

8. В работе не приведено обоснование расположения термопар (их конфигурация, количество), хотя полученные температурные профили прогрева футеровки позволяют это сделать.

9. Схема модели (компьютерная модель) электрического контура дуговой сталеплавильной печи в среде Simulink содержит элементы численного дифференцирования, что может приводить к снижению точности результатов моделирования. Следовало бы их по возможности исключить, по крайней мере, для фрагмента схемы формирования напряжения на дуге.

10. При использовании ПИД-регулятора отсутствует обоснование необходимости введения интегрирующей и особенно дифференцирующей составляющих (ненулевые значения параметров настройки).

11. Технические характеристики экспериментальной установки, например, программируемого логического контроллера, следовало бы привести в приложении. Также код программы расчета температурного поля лучше поместить в приложение. В работе имеются одинаковые обозначения одних и тех же величин. Так, в формуле (3.4) параметр t означает температуру, а в (3.3) – время. Температура в (3.3) обозначается как T . Должно соблюдаться единообразие в обозначениях. В формулах (4.7), (4.8) имеются неточности записи, связанные с печатью.

Перечисленные замечания не снижают научно-практической ценности выполненной исследовательской работы.

Заключение

Диссертационная работа Е.С. Мартыновой изложена методически грамотно и доказательно, ее научное содержание и стиль изложения соответствует современному уровню развития автоматизации и управления, а прикладные результаты направлены на повышение качества выпускаемой продукции.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую достаточно обоснованные результаты исследований, позволяющие рассматривать их как основу для решения актуальной технической задачи. Работа содержит необходимый объем новых результатов, имеющих научную новизну и практическую ценность, ее основное содержание полностью отражено в автореферате и опубликованных статьях.

Считаю, что диссертационная работа Мартыновой Е.С. полностью соответствует требованиям п.2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (утверждено приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 №839адм), а ее автор – **Мартынова Елизавета Сергеевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия).

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,

профессор кафедры Автоматики и процессов управления

Федерального государственного автономного образовательного


учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный

электротехнический университет

«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

Подпись профессора Душина С.Е., удостоверяю.

 С.Е. Душин

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

Адрес: 197376, г. Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, дом 5.


Контактный телефон: +7(812)346-44-87, контактный факс: +7(812)346-27-58

Адрес электронной почты: root@post.etu.spb.ru. Веб-сайт: <http://www.eltech.ru>

Душин Сергей Евгеньевич, 01 февраля 1952 года рождения, место рождения: гор. Ленинград, гражданство: Российская Федерация, пол: мужской, паспорт 40 03 664210, выданный 19 отделом милиции Выборгского района Санкт-Петербурга 06 марта 2003 года, зарегистрирован по адресу: Санкт-Петербург, проспект Энгельса, дом 40, квартира 40.

Санкт-Петербург, двадцать второе июня две тысячи двадцатого года.

заявитель

Душин Сергей Евгеньевич 

Российская Федерация

Санкт-Петербург

Двадцать второго июня две тысячи двадцатого года

Я, Арбузова Евгения Юрьевна, нотариус нотариального округа Санкт-Петербурга, свидетельствую подлинность подписи Душина Сергея Евгеньевича.

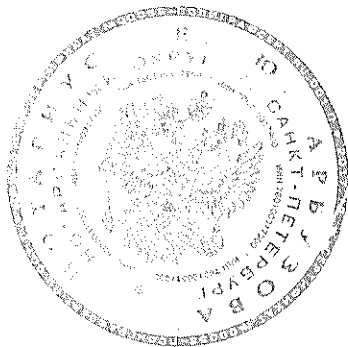
Подпись сделана в моем присутствии.

Личность подписавшего документ установлена.

Зарегистрировано в реестре: № 78/96-н/78-2020-7-434.

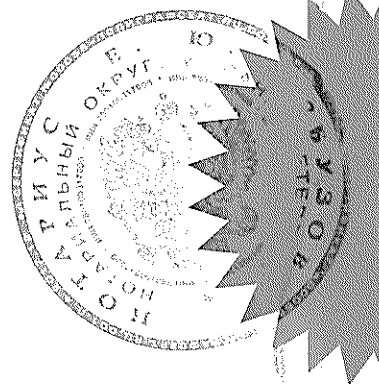
Взыскано государственной пошлины (по тарифу): 100 руб. 00 коп.

Уплачено за оказание услуг правового и технического характера: 800 руб. 00 коп.



Е.Ю. Арбузова

Е.Ю.Арбузова



Итого в настоящем документе

81 восемь лист

Нотариус