

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Мартынова Сергея Александровича на тему: «Повышение эффективности автоматизированного контроля и управления производства металлургического кремния в руднотермических печах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия)

Диссертационная работа Мартынова С.А. состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы из 129 наименований, изложена на 115 страницах машинописного текста; включает 14 таблиц и 21 рисунок.

В результате ознакомления с диссертацией и авторефератом соискателя, а также анализа защищаемых положений и выводов по работе мною было отмечено следующее.

1. Актуальность темы диссертации

Объектом исследования автора является руднотермическая печь (РТП) РКО-11 КрИ, расположенная на одном из заводов Свердловской области. На сегодняшний день производство металлургического кремния возможно только одним способом – карботермическим восстановлением кварцита в РТП. Дестабилизация цен на мировом рынке металлургического кремния связана прежде всего с монополизацией этого рынка китайскими металлургическими компаниями, которые ввели за 2019 год некоторое количество дополнительных производственных мощностей. Из-за этого цена на кремний значительно снизилась, и как следствие этого один из отечественных заводов данной отрасли был остановлен до стабилизации цен. Одной из причин низких конкурентных преимуществ российских заводов является отсутствие оперативной информации о состоянии объекта

управления и отсутствие современных систем управления технологическим процессом, в частности адаптивных систем настройки регуляторов. В связи с вышеизложенным актуальной является разработка научно-технических решений расширения функционала SCADA-системы и внедрение адаптивных систем настройки существующих регуляторов.

2. Степень новизны научных исследований и результатов

Главной заслугой автора является разработанный и обоснованный алгоритм управления положением электрода во время его перепуска, который подразумевает дополнения существующей SCADA-системы информацией о наличии отклонения электрода от своего осевого положения, тем самым снижается вероятность поломки электрода и аварийного отключения печи.

Также автором разработан и обоснован алгоритм адаптивной настройки существующих регуляторов, который не требует дополнительных управляющих воздействий на объект управления, что способствует более стабильной работе печного агрегата.

В диссертационной работе методом трёхмерного математического моделирования рассчитано распределение температурных полей в зависимости от отклонения от номинального значения содержания в шихте древесного угля.

Результаты исследований автора являются новыми для металлургической промышленности.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Результаты диссертационной работы получены на основе анализа и обобщения многочисленных зарубежных и отечественных исследований, которые проводились научно-исследовательскими организациями, промышленными предприятиями, а также на основе промышленного опыта эксплуатации руднотермических печей на металлургических заводах.

Достоверности результатов работы подтверждается корректностью постановки задач исследования, непротиворечивостью полученных в работе результатов фундаментальным законам и ранее полученным результатам других авторов, и условиям эксплуатации руднотермических печей.

4. Практическая значимость работы

Практическая ценность работы, полученная автором, как результат проведения научного исследования:

- на основе практических данных современных отечественных печных агрегатов разработан алгоритм управления электродом руднотермической печи во время его перепуска, который позволит значительно снизить вероятность поломки электродов и как следствие снизить количество аварийных остановок РТП, при расширении функционала существующей SCADA-системы (свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2017611642), данный алгоритм опробован в условиях действующего производства;

- разработан адаптивный алгоритм, позволяющий эффективно управлять руднотермической печью, при изменяющихся технологических параметрах, таких как влажность и зольность древесного угля и качество кварца в шихте (патент на изобретение №2612340), данный алгоритм основан на алгоритме настройки существующих регуляторов (П-, ПИ-, ПИД-регуляторов), данный способ позволяет снизить расход электроэнергии на 3-5% и повысить производительность РТП на 5-10%.

5. Оценка содержания диссертации и степени ее завершенности в целом

Содержание работы Мартынова С.А. в целом является последовательным и логичным, а представляемый материал являет собой законченную научную работу.

Результаты исследований, основное содержание и выводы диссертационной работы опубликованы в 10 печатных трудах (в том числе 2 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации; 3 статьи, входящих в международную базу цитирования Scopus, 1 патент на изобретение и 1 свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ).

В автореферате Мартынова С.А. изложены основные идеи и выводы диссертационной работы соискателя, показан вклад автора в проведенное исследование проблемы, степень новизны и практическая значимость результатов исследования. Основные положения диссертации отражены в автореферате.

Диссертация оформлена качественно, названия таблиц и рисунков отражают их содержание и наглядно представляют соответствующую им информацию.

6. Замечания по диссертационной работе Мартынова С.А.

1. Стр. 20. Автор указывает, что в РТП электрическая энергия дуги переходит в тепловую за счет прохождения тока через электропроводную шихту или электропроводный расплав с выделением джоулева тепла. Допущено логическое несоответствие – при работе печи в «смешанном» режиме тепловая энергия в РТП выделяется как за счет горения дуги в газовом «мешке» вокруг электрода, так и за счет прохождения тока через шихту или расплав (шунтированная дуга). Т.е. ток в руднотермической печи проходит не только через контакт электрода с расплавом, но и через сопротивление электрической дуги и контактное сопротивление электрода с твердыми компонентами шихты.
2. На стр.25 указано, что актуальным является получить косвенную зависимость выделяемой мощности от величины сопротивления шихты и расплава при согласовании распределения температур в рабочем

пространстве печи РТП. Однако в работе четко не обосновано, получили ли данный научно-технический результат.

3. При анализе современных систем управления технологическим процессом получения кремния (стр. 25) рассмотрен способ управления с помощью печного контроллера, выполняющего функцию Цифрового двойника (ЦД), выполненного на базе персонального компьютера (ПК). В реальных условиях при высоких требованиях к быстродействию систем управления реализация разработанных алгоритмов на базе ПК и SCADA-системы может оказаться недостаточно оперативно реагирующей на возмущения без применения программируемого логического контроллера (ПЛК). В работе недостаточно проработан вопрос применения программно-аппаратной платформы разработанного адаптивного регулятора на разных уровнях архитектуры системы автоматизации.
4. При эксплуатации РТП больших мощностей и емкостей скорости перемещения и ускорения электродов значительно больше, чем на исследуемых установках. Следовательно, и механические напряжения в электродах при упоре в шихту выше по значению и близки к предельно допустимым значениям. Утверждение, о том, что критический изгиб электрода, используемого на производстве, будет аналогичный установленному в серии экспериментов (стр. 63) требует дальнейших исследований для получения реальных значений в условиях производства.
5. В параграфе 3.4 (стр. 63-65) показан способ контроля положения торца электрода с помощью алгоритма снижения вероятности поломок электрода на основании контроля его изгиба. Однако при разработке адаптивной системы управления в параграфе 4.2 (стр. 82) Автор указывает, что длина электрода вычисляется исходя из наработанной мощности каждого конкретного электрода и величины его перепуска. В

программном комплексе следовало бы привести способ измерения положения электрода к единому алгоритму.

6. В диссертации предложены рекомендации по внедрению разработанных алгоритмов и многоуровневой системы управления производством в виде SCADA-системы, однако недостаточно полно рассмотрена, какая конкретная элементная база может быть использована для реализации разработанной системы управления, в т.ч. типы и способы установки измерительных приборов в тяжелых условиях эксплуатации, типы ПЛК и SCADA.
7. В тексте диссертации присутствуют некоторые неточности, а также не приведены сокращения некоторых словосочетаний, например:
 - 7.1. на Рисунке 1.1 не указана единицы измерения цены;
 - 7.2. Таблица 1.1 – не указана единица измерения диаметра электродов;
 - 7.3. стр. 20. Не приведена полная запись сокращения слов УКРМ при первом упоминании в тексте документа, опечатка при упоминании сокращения в дальнейшем;
 - 7.4. стр. 27 – опечатка «...программным логистическим контроллером...»;
 - 7.5. стр. 59 – вверху страницы указано, что таблице 3.3 приведены результаты экспериментов, а внизу страницы указано, что в табл. 3.3. - расчетные значения. Таблица 3.4. отсутствует вообще. Далее идет таблица 3.5. Очевидно, что расчетные значения должны быть в табл. 3.4, которая не приведена;
 - 7.6. рис. 4.3 структурная схема. Обозначения на рисунке от 1 до 10. Нет пояснений ни на рисунке, ни по тексту, ни в подрисуночной подписи;
 - 7.7. рис. 4.6. указаны K_p и K_i модели, и K_p и K_i регулятора. Что такое K_p и K_i модели?

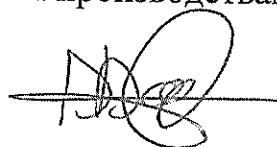
Заключение

Несмотря на представленные замечания, считаю, что диссертация Мартынова Сергея Александровича является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей требованиям п.2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 №839адм, а ее автор, Мартынов Сергей Александрович, заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия)

Официальный оппонент:

Начальник отдела автоматики Акционерного общества «ТОМС инжиниринг»,
кандидат технических наук

(специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами
(металлургия)

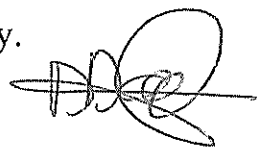


Васильев

Валерий Викторович

17.08.2020

Я, Васильев Валерий Викторович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и последующую их обработку.



В.В. Васильев

Подпись Васильева Валерия Викторовича, кандидата технических наук, удостоверяю.

Генеральный директор
Акционерного общества
«ТОМС инжиниринг»



Г.Г. Листопад

Общество с ограниченной ответственностью «ТОМС инжиниринг»;
Почтовый адрес: 191167, Россия, Санкт-Петербург, ул. Херсонская, 39 А, БЦ
«Александровский»; Телефон: +7 (812) 383 33 55, +7-921-444-74-56; E-mail:
wwwvvru@gmail.com.