

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.03, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.12.2020 г. № 16

О присуждении Костылевой Елизавете Марковне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели и алгоритмы для определения характеристик электрических дуг в многоэлектродных дуговых печах» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)» принята к защите 26 октября 2020 г., протокол № 16/п диссертационным советом Д 212.298.03, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, проспект В.И. Ленина, д. 76, утвержденным приказом № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Костылева Елизавета Марковна, 1982 года рождения, в 2004 году окончила с отличием специалитет государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова» по специальности «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем». В 2015 г. окончила аспирантуру МГТУ им. Г. И. Носова. В настоящее время является соискателем ученой степени кандидата технических наук федерального государственного автономного образовательного учреждения

высшего образования «Южно-уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Соискатель Костылева Е.М. работает ведущим инженером-программистом в ООО «Уральская металлообрабатывающая компания», (г. Магнитогорск).

Диссертация выполнена на кафедре информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации Логиновский Олег Витальевич, кафедра информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Куликов Геннадий Григорьевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор кафедры автоматизированных систем управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа,

Баркалов Сергей Алексеевич, доктор технических наук, профессор, декан факультета экономики, менеджмента и информационных технологий, заведующий кафедрой управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, – в своем положительном отзыве, подписанном Н.А. Спириным, доктором технических наук, профессором, заслуженным работником высшей школы Российской Федерации, заведующим кафедрой «Теплофизика и информатика в металлургии» УрФУ и В.В. Лавровым, доктором технических наук, доцентом, почетным работником сферы образования Российской Федерации, профессором кафедры «Теплофизика и информатика в металлургии» – указала, что диссертационная работа, является самостоятельной законченной научно-квалифицированной работой. В ней на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения, заключающиеся в разработке и программной реализации алгоритмов определения основных характеристик электрических дуг в многоэлектродных дуговых печах. Автором рассмотрены наиболее используемые варианты применения в промышленных агрегатах дуг постоянного и трехфазного переменного тока.

Полученные автором результаты могут быть использованы при разработке и корректировке существующих технологических инструкций для персонала, обслуживающего электродуговые агрегаты. Также они могут быть использованы при разработке и корректировке нормативных документов, регламентирующих проектирование и совершенствование конструкции электродуговых печей, методов управления технологическими процессами и прогнозирование надежной работы футеровки и водоохлаждаемых панелей промышленных печных агрегатов.

С учетом применения современных информационных технологий, разработанные программные продукты могут быть адаптированы для применения в составе систем автоматизированного проектирования, систем автоматизированной технологической подготовки производства и систем поддержки принятия решений.

Диссертационная работа в полной мере соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» в части требований, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а

Костылева Елизавета Марковна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)».

Соискатель имеет 36 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 33 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ. Общий объём авторского вклада в публикациях по теме исследования составил 133 страницы.

В диссертацию включены результаты, полученные автором лично. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. O.V. Loginovsky, **Е.М. Kostyleva.**, I.M. Yachikov Optimization of the lining wear coefficient on the basis of control of three phase-current electric arcs characteristics // Bulletin of the South Ural state University. Series: Computer technologies, automatic control, radio electronics. – 2020. – Vol. 20. – № 3. – p. 129–134 (2/6).

2. Ячиков И.М., **Костылева Е.М.** Характеристики электрических дуг трехфазного тока, горящих на горизонтальную поверхность при их электромагнитном взаимодействии // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2020. – Т. 20. – №2. – С. 125–137 (7/13).

3. Ячиков И.М., **Костылева Е.М.**, Портнова И.В. Динамика электромагнитных сил, отклоняющих дуги от вертикали в трехфазной дуговой печи// Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2020. – Т. 63. – №1. – С. 27–33 (3/7).

4. Ячиков И.М., **Костылева Е.М.** Комплекс программ для определения параметров электрических дуг трехфазного переменного тока, горящих на горизонтальную поверхность. Программные продукты и системы. – 2017. – №3. – С. 537-545 (5/9).

5. Ячиков И.М., **Костылева Е.М.** Поведение основных электромагнитных сил, действующих на дугу в трехфазной дуговой печи // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2015. – №7. – С. 479-485 (4/7).

6. Ячиков И.М., **Костылева Е.М.** Математическое моделирование формы дуг при их электромагнитном взаимодействии. Сообщение 2 // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2014. - №5. – С. 56–61 (3/6).

7. Ячиков И.М., **Костылева Е.М.** Математическое моделирование формы дуг при их электромагнитном взаимодействии. Сообщение 1. Форма двух дуг постоянного тока, горящих между катодами и токоподводящей поверхностью // Известия высших учебных заведений, Черная металлургия. 2014. – №1. – С. 59-64 (3/6).

8. Ячиков И.М., **Зарецкая Е.М.** Модель распределения теплового потока от излучения электрической дуги, расположенной под углом к плоской тепловоспринимающей поверхности // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2011. – №7. – С. 25-29 (3/5).

9. Ячиков И.М., **Зарецкая Е.М.** Анализ поведения магнитного поля вблизи электродов дуговых печей посредством математического моделирования // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2011. – №1. – С. 18–20 (3/2).

На диссертацию и автореферат диссертации поступили отзывы:

1. Доктора технических наук, профессора кафедры электроснабжения промышленных предприятий и электротехнологий ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», генерального директора ООО «Научно-производственная фирма КОМПЕРМ» **Нехамина Сергея Марковича**. Отзыв положительный, в качестве замечаний указано: 1) В разработанных моделях не учтен мениск, который образуется на горизонтальной поверхности расплава под пятном привязки дуги, хотя в обзоре автор указывает на его существование. В чем причина? Промышленная дуга переменного тока с частотой 100 Гц изменяет свое положение и форму, непонятно как это учитывается при расчете формы дуги оси дуги и ее теплового излучения. 2) При расчете напряженности магнитного поля и моделировании формы оси столба дуги в математической модели не учитывается экранирование стальным кожухом печи магнитного поля, создаваемого внутри печи внешним токоподводом. Насколько это допущение влияет на полученные результаты и выводы.

2. Доктора технических наук, профессора, директора учреждения Ханты-мансийского автономного округа «Югорский научно-исследовательский институт Информационных Технологий» **Мельникова Андрея Витальевича**.

Отзыв положительный, в качестве замечаний указано: 1) На наш взгляд требуется уточнение понятия «вблизи» (с. 7). «...изучение электромагнитного поля вблизи технологических агрегатов». Какое имеется в виду расстояние. 2) Необходимо уточнить, при каких допущениях можно использовать формулы (2)–(3), полученные для вертикальных бесконечных электродов (с. 8) применительно к реальному оборудованию, имеющему конечные размеры. 3) Из автореферата осталось непонятным, оценивались ли максимальное и минимальные значения рассматриваемых электромагнитных сил в течение периода тока и как они соотносятся со среднеинтегральными их значениями.

3. Кандидата технических наук, доцента, и. о. заведующего кафедрой Электротехнологий, электрооборудования и автоматизированных производств Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова **Михадарова Дениса Георгиевича**. Отзыв положительный, в качестве замечаний указано: 1) Не определены и не обоснованы упрощения (допущения) при расчете магнитных полей. Например, не учитываются полевой характер распределения тока в ванне металла, влияние ферромагнитного корпуса печи, охватывающего систему и др. Аналогично, при изучении вопроса распределения тепла в рабочем пространстве дуговой печи не учитывается эффект «мениска», который имеет место в дуговых печах с сильноточными дугами и оказывает сильное влияние на характер распределения тепла. 2) Не понятно, почему вращающееся поле трехфазной системы обозначено термином «бегущее поле» (стр. 9, 19). 3) При изложении материала допускаются небрежности и описки. Так, например, на стр. 14 не понятно, что имеется в виду под словом «переменные»? Переменный ток или разнонаправленные токи? На стр. 15 в тексте автореферата написано: «В главе 4 рассмотрено моделирование теплового излучения». На наш взгляд, правильнее сказать: моделирование распределения теплового излучения.

4. Доктора технических наук, профессора, профессора кафедры металлургии, машиностроения и технологического оборудования федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Череповецкий государственный университет» **Кабакова Зотей Константиновича**. Отзыв положительный, в качестве замечаний указано: 1) Из автореферата непонятно, чем обусловлен выбор степени полиномиальной аппроксимации для формы осей дуг при их электромагнитном взаимодействии (стр. 12). Не указана выбранная степень полинома для рассчитанных форм осей столбов дуг, показанных на рис. 7. 2) В автореферате не расшифрованы некоторые обозначения величин в приведенных формулах, например в (4) – (5) непонятно, что подразумевается под величинами I_{ol} , Δ . 3) На с. 17 указано, что из массива экспериментальных данных с объемом выборки около 11520 измерений были убраны грубые ошибки. Однако остался неизвестным, какой использовался алгоритм отсева грубых ошибок и как происходило усреднение полученных данных в привязке к периодам работы дуговой печи.

5. Доктора технических наук, доцента, зам. зав. кафедрой инновационного менеджмента Московского физико-технического института **Дранко Олега Ивановича**. Отзыв положительный, в качестве замечаний указано: 1) В описанных моделях не указано, какая связь между расположением электродов, напряженностью тока и других характеристик и выпуском конечного продукта – выплавкой стали. 2) В формуле (1) переменная b не имеет индекса j и выглядит как постоянная, но в подстрочке переменная b зависит от j . 3) В работе не указана сопоставимость полученных решений для предложенных трех эвристических алгоритмов решения интегро-дифференциального уравнения. 4) Есть некоторые опечатки.

6. Доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой вычислительной математики, механики и биомеханики ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» **Столбова Валерия Юрьевича**. Отзыв положительный, в качестве замечаний указано: 1) Необходимо пояснить, чем обусловлен выбор полиномов при аппроксимации

формы дуг (стр. 12). 2) Известно, что форма дуги в переменном токе быстро изменяется с удвоенной частотой промышленного тока, при этом дуга перемещается по торцу электрода и по горизонтальной поверхности расплава. Следовало бы уточнить, что понимается под формой оси столба дуги, показанной на рис.7 (стр. 14). 3) В работе установлено, что результирующая среднеинтегральная электромагнитная сила, действующая на дугу, находится в горизонтальной плоскости. Кроме того, эта сила отклоняется в сторону от прямой, соединяющей центр распада электродов и ось электрода, на угол φ (рис 4 стр. 10). В автореферате нет объяснения, почему отклонение происходит по ходу часовой стрелки и от чего это зависит.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что ими осуществлялись исследования по тематике диссертации и получены весомые научные результаты в рассматриваемой предметной области. Так, первый оппонент **Куликов Геннадий Григорьевич**, в частности занимается проблемами системного моделирования слабоформализованных информационных потоков в системах автоматизации производства, второй оппонент **Баркалов Сергей Алексеевич** занимается проблемами построения интегральной оценки организационно-технологических решений. Ведущая организация имеет научную школу «Энергоэффективные технологии и информационно-моделирующие системы в металлургии», в которой разрабатываются и внедряются современные модели, методы и технологии информационной поддержки процессов корпоративных информационных систем в современной металлургии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая методика, состоящая в системном рассмотрении нескольких взаимодействующих дуг и обрабатываемого материала, позволяющая определять электромагнитное взаимодействие, форму осей столбов электрических дуг и их тепловое взаимодействие в зависимости от количества дуг, рода токов и вида горения, а также основных теплофизических параметров.

предложен новый подход к определению влияния параметров технологического процесса тепловой работы дуговой печи на износ футеровки, учитывающий распределение тепловых потоков по горизонтальной поверхности, зависящих от поведения системы параллельно горящих электрических дуг при их электромагнитном взаимодействии;

доказана возможность рассмотрения системы параллельно горящих электрических дуг в рамках единой иерархической модели для определения и прогнозирования их электромагнитного взаимодействия и теплового излучения на обрабатываемый материал при разных режимах работы и конструктивных параметрах промышленных агрегатов.

введено изменение расчета коэффициента износа футеровки, используемого при конструировании промышленных агрегатов, основанного на точном определении среднеинтегрального расстояния от дуги до футеровки печи за счет учета информации о форме и наклоне электрических дуг в многоэлектродных дуговых печах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана применимость предлагаемых эвристических алгоритмов для нахождения формы осей столбов системы электрических дуг при их электромагнитном взаимодействии с точностью достаточной для промышленных систем управления и принятия решений;

изложены основные положения теории электромагнитного и теплового взаимодействия системы одновременно горящих на горизонтальную поверхность электрических дуг в зависимости от количества дуг и рода тока;

раскрыты существенные факторы, оказывающие влияние на электромагнитное взаимодействие внутри системы электрических дуг, а также влияние электромагнитных полей и тепловых потоков, формируемых такой системой на тепловосприятие расплава металла в промышленных агрегатах;

изучены закономерности электромагнитных и тепловых взаимодействий в системе электрических дуг в многодуговых промышленных агрегатах;

проведена модернизация существующих методик расчета электромагнитных сил и теплового потока излучения при функционировании промышленных агрегатов, использующих несколько параллельно горящих электрических дуг.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

разработано и внедрено программное обеспечение, которое может быть использовано для функционирования в составе систем автоматизированного проектирования, автоматизированных систем технологической подготовки производства, автоматизированных систем управления технологическими процессами.

определены перспективы применения предложенных моделей и алгоритмов в системах управления дуговых сталеплавильных печей, агрегатах внепечной обработки стали, а также в газотурбинных двигателях в авиационной промышленности;

создана система взаимосвязанных алгоритмов и комплекс программ для нахождения электромагнитных сил, действующих на систему параллельно горящих дуг, распределения теплового потока, падающего на горизонтальную поверхность, и нахождения формы осей столбов для системы параллельно горящих дуг;

представлены предложения по применению разработанных методик для принятия решений в системах АСУТП.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использование проверенных на практике моделей и алгоритмов, а также сравнение полученных результатов с известными из научно-технической литературы экспериментальными данными и результатами экспериментальных исследований, выполненных на промышленной дуговой печи.

теория построена на основании существующих моделей, описывающих поведение системы электрических дуг, и согласуется с известными опубликованными экспериментальными и теоретическими данными в смежных областях;

идея базируется на построении новых, а также расширении и модернизации существующих моделей и алгоритмов описания взаимодействия и работы электрических дуг в металлургических агрегатах;

использовано сопоставление экспериментальных данных тепловосприятия стенок печи с данными, опубликованными другими авторами, в результате чего было

установлено отсутствие логических противоречий между полученными в диссертации результатами и результатами, опубликованными другими авторами исследований по рассматриваемой тематике;

использованы стандартные методы обработки компьютерных и экспериментальных данных, результаты обработок не противоречат литературным данным.

Личный вклад соискателя состоит в:

выполнении системного анализа используемых на практике подходов, концепций, методов и моделей в рассматриваемой предметной области;

выявлении основных факторов, характеризующих поведение системы параллельно горящих дуг в промышленных агрегатах;

разработке алгоритмов расчета электромагнитных, силовых и тепловых характеристик дуг в промышленных агрегатах и программной реализации разработанных алгоритмов;

проведении расчетов с использованием разработанного программного обеспечения, выполнении анализа полученных результатов и проверка их адекватности;

апробации на конференциях различного уровня, регистрации разработанного программного обеспечения, а также подготовке публикаций по выполненной диссертационной работе. Принимала участие во внедрении результатов диссертационного исследования, что подтверждается актом внедрения в работу ООО РМЗ НИХАРД-СЕРВИС.

Диссертационный совет пришел к заключению, что рассматриваемая диссертация является самостоятельной законченной научно-квалификационной

работой, соответствующей требованиям п. 9–14 Положения «О присуждении ученых степеней», предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Костылева Елизавета Марковна, **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)».

На заседании 28 декабря 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Костылевой Елизавете Марковне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 4 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (05.13.01), участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали «за» – 16, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета

Шестаков А.Л.

Ученый секретарь

Голлай А.В.

28.12.2020 г.

