

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ**  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»

**ВЫПИСКА**

из протокола № 8

от 16 декабря 2022 г.

Присутствовало: 22 чел. из 32 членов научно-технического совета.

**Слушали:** итоговый отчет Николаева Александра Аркадьевича, канд. техн. наук, доцента, заведующего кафедрой автоматизированного электропривода и мехатроники о результатах выполнения 3 этапа проекта **«Разработка и исследование алгоритмов энергоэффективного управления электротехническими и технологическими комплексами горно-металлургической отрасли»**, реализуемого в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации в сфере научной деятельности (шифр проекта FRZU-2020-0011).

**Отметили:** В соответствии с планом реализации проекта и техническим заданием на 2022 год получены следующие научно-технические результаты (по направлениям):

1. **В рамках первого научного направления (Разработка и исследование усовершенствованных алгоритмов управления ... электрическими режимами ДСП и УКП)** разработана методика определения оптимальных значений уставок параметров регулирования электрического контура дуговых сталеплавильных печей (ДСП) и установок ковш-печь (УКП) различного класса и мощности. В основе методики лежит использование математических моделей электрических контуров ДСП и УКП, а также моделей систем автоматического управления электрическими режимами и перемещением электродов, на основании которых определяются оптимальные несимметричные режимы горения дуг с максимальным тепловым КПД для различных стадий плавки в ДСП и обработки металла в УКП. Применение методики обеспечивает реализацию оптимальных электрических режимов ДСП и УКП с достижением максимального технического эффекта по снижению удельного расхода электроэнергии, времени под током и цикла плавки, а также снижение расхода электродов.

Разработан усовершенствованный способ и алгоритмы автоматического управления режимами работы газокислородного оборудования (стенные горелки, комбинированные фурмы-горелки – РСВ) ДСП с использованием информации о текущем коэффициенте шлака, рассчитываемом на основании высших гармоник токов дуг. В отличие от существующих алгоритмов управления РСВ-горелками, в которых изменение уставки на расход газа, первичного и вторичного кислорода, а также переключение между режимами горелки кислородной фурмы в процессе плавки, осуществляется по жесткой программе (профилю) в зависимости от времени под током, расхода электроэнергии или расхода кислорода, в усовершенствованных алгоритмах изменение режимов работы РСВ-горелок осуществляется в зависимости от изменения коэффициента шлака. Применение усовершенствованных алгоритмов управления режимами работы РСВ-горелок обеспечивает улучшение временных и энергетических режимов работы ДСП (снижение удельного расхода электроэнергии, расхода газа и кислорода, снижение времени работы под током).

Разработан усовершенствованный алгоритм автоматического управления инжекторами

углеродсодержащего материала (УСМ) для вспенивания шлака в ДСП на стадии доводки металла. В отличие от известных алгоритмов управления инжекторами УСМ, реализованных в системах управления ArCOS, Melt Expert, Simelt, HI-REG и Q-REG зарубежных компаний Primetals Technologies (в прошлом Siemens VAI) и Danieli, где управление углеводованием осуществляется на основании анализа текущего значения коэффициента шлака, рассчитываемым с использованием информации о высших гармониках токов дуг, в новом алгоритме в качестве контролируемого параметра используется расчет коэффициента шлака с использованием гармоник напряжений дуг, что повышает точность определения степени экранирования дуг. Помимо этого, в новой предусмотрен дополнительный блок контроля, который в случае низкого качества УСМ и недостаточного образования вспененного шлака адаптирует электрический режим путём сокращения длины электрической дуги. Кроме того, в усовершенствованном алгоритме управления предусмотрена возможность одновременной динамической адаптации длин электрических дуг в зависимости от уровня коэффициента шлака, для улучшения степени их экранирования и увеличения теплового КПД. Применение усовершенствованного алгоритма управления инжекторами УСМ обеспечивает дополнительное улучшение временных и энергетических характеристик ДСП (удельного расхода электроэнергии и времени работы под током) за счет увеличения скорости нагрева жидкой стали с максимальным КПД дуг.

На базе действующих электросталеплавильных агрегатов, функционирующих на Череповецком металлургическом комбинате ПАО «Северсталь» (г. Череповец Вологодской области) и АО «Уральская Сталь» (г. Новотроицк Оренбургской области) проведено внедрение внедрению разработанных опытных образцов усовершенствованных систем автоматического управления электрическими и технологическими режимами ДСП и УПК в промышленную эксплуатацию. В результате анализа эффективности разработанных систем автоматического управления в условиях действующего производства был выявлен положительный технический эффект, заключающийся в снижении удельного расхода электроэнергии, времени под током и снижения расхода электродов на исследуемых ДСП и УПК.

**2. В рамках второго научного направления (Повышение энергоэффективности процессов работы горно-металлургического оборудования модификацией поверхностей тяжело нагруженных узлов трения...)** на основе экспериментальных данных, полученных при изучении способов по нанесению покрытий, разработаны математические модели формирования параметров шероховатости на поверхностях трения деталей металлургических машин. Исследованы технологические процессы и разработаны способы, позволяющие сформировать микрорельеф контактирующих поверхностей: выглаживание с применением смазочных материалов, ультразвуковая обработка поверхности и нанесение покрытий на поверхности трения методом фрикционного плакирования. Доказано, что наиболее эффективным методом нанесения покрытий по критерию износостойкости и производительности оказался метод фрикционного плакирования гибким инструментом.

Разработаны способ и устройство нанесения покрытия гибким инструментом на резьбовые соединения, которые отличаются способом подачи материала-донора, управлением источником электрического тока, в случае применения импульсного источника при обработке, а также использованием оригинальной конструкции щетки, позволяющей эффективнее наносить покрытия на внешние и внутренние поверхности.

Получены акты об успешном проведении промышленных испытаний покрытий, нанесенных на резьбовые соединения нефтегазовых, насосно-компрессорных и обсадных труб методом фрикционного плакирования гибким инструментом на ОАО «Уральский

трубный завод». Получены акты промышленного испытания ножей горячей резки металла и лупперов, обработанных методом фрикционного плакирования, на сортовых станах 170, 370 и 450 ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

3. В рамках третьего научного направления (**Исследование и разработка алгоритмов и систем ... непрерывного контроля физических свойств и элементного состава сыпучего материала в потоке...**) проведено промышленное испытание установки для экспресс определения элементного состава методом поточного РФА на ПАО «Гайский ГОК». Доказано, что при применении разработанного программно-аппаратного комплекса (ПАК) для анализа сульфидных медно-цинковых руд погрешность определения химических элементов Fe, Cu и Zn по сравнению с химическим анализом не превышает (абс %): 0,5, 0,1 и 0,05 соответственно. Программно-аппаратный комплекс рекомендован к внедрению.

В условиях АО «Учалинский ГОК» промышленные испытания разработанного ПАК показали, что при поточном анализе товарного медного концентрата, результаты РФА по определению S, Fe, Cu, Zn, As, Pb входят в доверительный интервал и могут быть использованы при экспресс-анализе для контроля технологического процесса обогащения и регулировки реагентного режима медного цикла флотации.

Разработан ПАК для определения химического состава движущейся на ленте конвейера железорудной смеси в режиме реального времени, подаваемой в бункеры аглофабрики. Точность определения содержания железа составила 0,3 %, оксида кальция – 0,1 % и основности – 0,07 ед. Работоспособность ПАК проверена в ходе испытаний на аглофабрике ПАО «ММК».

Результаты исследований по 3 этапу проекта опубликованы в 19 научных статьях в журналах и сборниках научных трудов конференций, индексируемых наукометрической системой Scopus (из них 11 статей в журналах с квартилем Q1,2), а также в 10 научных статьях в изданиях, входящих в ядро РИНЦ. По результатам исследований опубликовано 3 рецензируемые монографии, получено 2 патента РФ на изобретение и 9 свидетельств на регистрацию программ для ЭВМ. Научные результаты апробированы на 15 научно-технических конференциях международного и национального уровня. По результатам работы защищено 3 кандидатские диссертации (Буланов М.В., Латыпов О.Р., Масалимов А.В.).

Таким образом, основные задачи 3 этапа научного проекта в соответствии с техническим заданием выполнены в полном объеме.

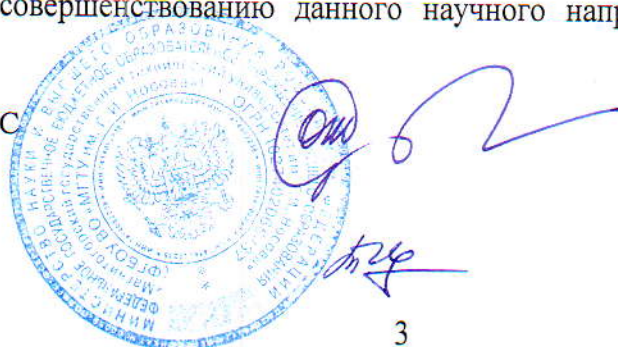
Вопрос об утверждении отчета ставится на открытое голосование.

**Результаты голосования:** «за» — 22, «против» — нет, воздержалось — нет.

**Постановили:** Отчет Николаева А.А. по итогам выполнения проекта «**Разработка и исследование алгоритмов энергоэффективного управления электротехническими и технологическими комплексами горно-металлургической отрасли**», реализуемого в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации в сфере научной деятельности, **утвердить**. Рекомендовать продолжение работ по развитию и совершенствованию данного научного направления в плановом периоде 2023-2025 гг.

Председатель НТС

Секретарь НТС



О.Н. Тулупов

Т.В. Шишкина