

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Администрация Правительства Кузбасса
Администрация г. Новокузнецка
Институт проблем управления им. Трапезникова РАН
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2023**

**ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)**

12-14 декабря 2023 г.

**Новокузнецк
2023**

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. В.В. Зимин (ответственный редактор),
д.т.н., проф. С.М. Кулаков, к.т.н., доц. В.А. Кубарев,
д.т.н., проф. Л.Д. Павлова, д.т.н., доц. И.А. Рыбенко,
к.т.н., доц. В.И. Кожемяченко (технический редактор).

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) AS'2023: труды Всероссийской научно–практической конференции (с международным участием), 12-14 декабря 2023 г. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. В.В. Зимина. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2023. – 420 с.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам в области современных систем автоматизации и информатизации учебных, исследовательских и производственных процессов. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры.

УДК 658.011.56

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

К ВОПРОСУ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ПРИ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКЕ

Шакиров М.К., Турчанинов Е.Б.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, shakirov.maxim@mail.ru

Аннотация. Выбросы газошлакометаллической эмульсии в процессе конвертерной плавки снижают экономическую эффективность производства, безопасность, а также наносят урон окружающей среде. С целью количественной оценки выбросов предложен показатель, позволяющий учитывать как интенсивность, так и продолжительность наблюдаемых выбросов, а также критерий, позволяющий оценивать точность прогнозирования и определения фактического количества выбросов с использованием косвенной информации.

Ключевые слова: кислородный конвертер, газошлакометаллическая эмульсия, выбросы, интенсивность, продолжительность, критерий.

Abstract. Gas-slag-metal emulsion slopping in BOF reduces the economic efficiency of production, safety, and also causes the environment pollution. In order to quantify slopping, an indicator is proposed that allows to take into account both the intensity and duration of observed slopping, as well as a criterion that allows to estimate the accuracy of prediction and determining the actual amount of slopping using indirect information.

Keywords: BOF, gas-slag-metal emulsion, slopping, intensity, duration, criterion.

Большая часть мирового производства стали приходится на кислородно-конвертерный процесс. Подача газообразного кислорода со сверхзвуковой скоростью, приводящая к окислению железа и примесных элементов металлошихты, использование шлакообразующих материалов способствуют быстрому образованию вспененного шлака. Это, в свою очередь, приводит к увеличению площади контакта взаимодействующих жидких металлической и оксидной, а также газообразной фаз. Как следствие, интенсифицируется протекание реакций рафинирования металлической ванны.

Проблемы возникают, когда уровень вспененного шлака (газошлакометаллической эмульсии) превышает уровень горловины конвертера, что приводит к потерям металла, загрязнению окружающей среды, а также может стать причиной прерывания процесса и повреждений оборудования, и, соответственно, простоев. Другими словами, при определенных условиях объем вспененного шлака, содержащего, в том числе, металлическую фазу, может увеличиться настолько, что это приведет к возникновению выбросов газошлакометаллической эмульсии.

Известно, что к возникновению выбросов приводит влияние таких факторов как текущая величина рабочего объема конвертера, количество шлака, его химический состав и физические свойства (вязкость), скорость обезуглероживания, величина которой изменяется по ходу конвертерной плавки в широких пределах. В свою очередь, перечисленные факторы определяются текущей стойкостью огнеупорной футеровки, количеством и химическим составом жидкого чугуна, составом твердой металлозавалки (в том числе количеством т.н. «козлов», твердого чугуна, легковесного лома), используемыми добавочными материалами (количество и состав флюсов, железной руды для охлаждения), режимами кислородной продувки и присадки флюсов.

Наиболее распространено подавление выбросов путем снижения интенсивности продувки кислородом и/или изменения положения кислородной фурмы оператором на

основе визуальной оценки течения процесса и сигналов измерительных устройств. Таким образом, корректирующие воздействия производятся зачастую слишком поздно для того, чтобы предотвратить выбросы.

В [1] приведен краткий обзор разработок в области обнаружения, прогнозирования и предотвращения выбросов. Известны системы, функционирование которых основано на анализе изображений [2], акустических сигналов [3] и вибрации конвертера [4]. Автор [1] предлагает интеллектуальную систему, прогнозирующую возникновение выбросов на основе результатов анализа состава отходящих газов и уровня звукового сигнала, а также фиксирующую фактическое наличие выбросов с использованием компьютерного зрения. При этом количество выбросов оценивается как «отсутствие», «небольшие», «средние» и «сильные». Таким образом, при прогнозировании и оценке фактического количества выбросов не учитывается их продолжительность.

С целью устранения данного недостатка в [5] предложены показатели, позволяющие оценивать количество выбросов с учетом их продолжительности. Индекс выбросов (таблица 1) определяется визуально и отражает интенсивность выбросов в каждый период плавки, соответствующий продувке 100 м^3 кислорода. Индекс выбросов плавки (таблица 2) определяется как сумма индексов в соответствии с выражением (1) и является показателем, сочетающим интенсивность и продолжительность выбросов по ходу конвертерной плавки.

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i, \quad (1)$$

где y_i – индекс выбросов в i -й период плавки, соответствующий 100 м^3 продутого кислорода;
 n – количество периодов плавки, каждый из которых соответствует 100 м^3 продутого кислорода.

Таблица 1 – Индекс выбросов

Индекс	Описание
0	Выбросы отсутствуют
1	Шлак виден на горловине конвертера. Незначительное количество шлака переливается на кожух конвертера.
2	Шлак стекает небольшими струями с конической части кожуха под конвертер.
3	Шлак стекает большими струями как описано для Индекса 2.
4	Интенсивные выбросы шлака и металла. Присутствуют выбросы бурого дыма.
5	Интенсивные выбросы шлака и металла. Интенсивные выбросы бурого дыма. Вынужденное прерывание продувки.

Таблица 2 – Индекс выбросов плавки

Индекс плавки	Описание
< 10	Нормальное течение процесса. Шлак на горловине конвертера. Выбросы отсутствуют, либо присутствуют минимальные выбросы с индексом 1.
10 – 19	Незначительные выбросы с индексом 1 и 2.
20 – 29	Выбросы средней интенсивности с индексом 2 и 3.
30 – 39	Интенсивные выбросы.
>= 40	Крайне интенсивные выбросы, сопровождающиеся прерываниями продувки.

Определение технологических параметров, влияющих на вероятность возникновения выбросов, и управляющих воздействий с целью их предотвращения является сложной задачей. Исследования, проведенные в ряде конвертерных цехов, позволили выявить технологические параметры, значения которых оказывают влияние на вероятность выбросов. Также была установлена количественная связь технологических параметров и предложенного интегрального показателя количества выбросов [5]. Отдельной задачей является определение фактического наличия и количества выбросов по косвенным параметрам с целью последующего анализа.

С другой стороны, необходимым условием определения структуры и параметров моделей прогнозирования и систем определения наличия выбросов является выработка показателя, позволяющего оценивать точность прогноза и определения фактического количества выбросов по косвенным параметрам. С этой целью возможно использование критерия, определяемого в соответствии с выражением (2):

$$Q = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m [Y_j - \hat{Y}_j]^2, \quad (2)$$

где Y_j – индекс выбросов j -й плавки, определенный в соответствии с выражением (1);

\hat{Y}_j – прогнозируемое количество выбросов, либо определенное на основе анализа изображений, акустических сигналов, вибрации, состава отходящих газов фактическое количество выбросов с учетом их интенсивности и продолжительности для j -й плавки;

m – количество анализируемых плавков.

Таким образом, на основе ранее предложенного показателя, сочетающего интенсивность и продолжительность выбросов по ходу плавки в кислородном конвертере, сформирован критерий, который позволяет оценивать точность прогнозирования количества выбросов, а также определения их фактического количества по косвенным параметрам.

Библиографический список

1. Трофимов В.Б. О построении интеллектуальной системы управления кислородным конвертером на основе компьютерного зрения. Известия РАН. Теория и системы управления, 2022, № 1, С. 95–104.
2. Brämning M., Björkman B. Avoiding sloppy BOS process behavior. Iron and Steel Technology, 2010, № 7, PP. 66-75.
3. Evestedt, M., Medvedev A. Model-based slopping monitoring by change detection with high resolution audio data. J. of Process Control, 2007, №4. PP. 1691-1705.
4. Saci A., Al-Dweik A., Shami A. Autocorrelation Integrated Gaussian Based Anomaly Detection using Sensory Data in Industrial Manufacturing. IEEE Sensors Journal, 2021, PP. 1-10.
5. Снижение количества выбросов при кислородно-конвертерном процессе. Агеев Д.А., Шакиров М.К. // Сб. научных трудов II Всероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития технологий переработки вторичных ресурсов в Кузбассе».- Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2006.-С. 39-40.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО, ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кулаков С.М., Тараборина Е.Н., Койнов Р.С., Кокорев И.С., Спиридонов В.В.

О развитии и применении концепции невозмущённого-возмущенного движения применительно к управлению технологическими и организационными объектами..... 3

Трофимов В.Б.

О прогнозировании и распознавании выбросов газо-шлако-металлической эмульсии из кислородного конвертера на основе искусственных нейронных сетей 10

Сазонова Г.А., Грачев В.В.

Выбор технических средств измерения калорийности топлива поступающего на нагревательную печь прокатного стана..... 18

Сулимова А.А., Симилова А.А., Чичерин И.В.

Способ считывания вейвлет-карт Вигнера для обработки сигналов 22

Янкин Д.М., Грачев В.В., Студенкова А.Л.

Автоматизированная система распознавания общественного транспорта интеллектуальной транспортной системы новокузнецкой городской агломерации 26

Гусев С.С.

Модифицированный алгоритм идентификации динамического объекта с учетом априорной информации о его параметрах..... 33

Куликов Е.С.

Система прогнозного обслуживания эксгаустеров..... 41

Курманова Д.А.

Оптимизация циклов светофорного регулирования перекрестка 45

Романов Л.Р., Крюков О.В.

Автоматизация релейной защиты цифровых подстанций..... 50

Шакиров М.К., Турчанинов Е.Б.

К вопросу формирования критерия оценки точности прогнозирования выбросов при кислородно-конвертерной плавке..... 57

Кокорев И.С., Широченко Д.С., Рожкова Ю.В., Бочаров В.В.

Обзор новых направлений цифровизации угольных предприятий открытого типа 60

Арбузов И.С., Кузнецова Е.С.

Реализация цифрового регулятора генератора импульсов на микроконтроллере..... 65

Ахремчик О.Л., Асатрян А.Г., Редькина Н.А.

Сообщения на поле экранных форм систем управления теплообменниками линий пищевых производств 69

Матюшкин Г.В., Кулаков С.М.

Разработка модуля интеграции между системами 1С:ERP и 1С:УПП..... 72

Пашко Е.А., Тараборина Е.Н.

Обзор и сравнительный анализ программного обеспечения для автоматизации процессов управления персоналом и оценки сотрудников.....	78
<i>Пимонов А.Г., Кудрявцев Д.С., Ларин Н.М.</i>	
Автоматизация бизнес-процессов Кемеровского филиала ППК «Роскадастр» средствами php-фреймворка Laravel	82
<i>Мельникова Ю.С., Симилова А.А.</i>	
Актуальность применения искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений в ветеринарии	85
<i>Марченко Д.И., Апенкин Д.Е., Волошин В.А., Михайлова О.В.</i>	
Инновационные проекты обучающихся СибГИУ на разрезе АО	89
<i>Волошин В.А., Апенкин Д.Е., Марченко Д.И., Куксин В.С., Олейник А.А., Прохоров И.М.</i>	
О системе сейсмического контроля массовых взрывов в открытом угольном разрезе.....	92
СЕКЦИЯ 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ И НАУКОЕМКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ	
<i>Спирин Н.А., Лавров В.В., Гурин И.А.</i>	
Об использовании технологии машинного (технического) зрения для оценки внутреннего состояния сложных, распределенных объектов в пирометаллургии (на примере доменного производства)	98
<i>Сеченов П.А., Рыбенко И.А.</i>	
Сравнение методов LUP-разложения и разложения Холецкого применительно к задаче нахождения равновесного состава сложной многокомпонентной гетерогенной системы.....	103
<i>Сеченов П.А., Рыбенко И.А.</i>	
Выбор замены переменных в задаче нахождения равновесного состава термодинамической системы	108
<i>Четвертков Е.В., Кораблина Т.В.</i>	
Применение ИИ в высшей школе при организации проектной деятельности.....	115
<i>Губанов К.Н., Рыбенко И.А.</i>	
Оптимизация бизнес процесса проверки 3D модели, реализованной инженером-конструктором при производстве металлических конструкций.....	119
<i>Гейль К.Э.</i>	
Использование машинного обучения для модерирования карточек товара маркетплейса.....	122
<i>Elman K.A.</i>	
Innovative development of oil field development technology	126
<i>Голодова М.А., Рыбенко И.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И.</i>	
Термодинамическое моделирование процесса восстановления кобальта углеродом в элементарных системах.....	128
<i>Темноухов Д.Р.</i>	
Введение в предиктивное обслуживание с использованием методов машинного обучения	134
<i>Леонтьев А.С., Рыбенко И.А.</i>	

Посуточное планирование и оптимизация потоков сырья в черной металлургии.....	140
<i>Ермакова Л.А., Гусев М.М., Дворянчиков М.В.</i>	
Расширение функционала системы Moodle: простые решения сложных задач.....	143
<i>Фурсова К.А., Калинин Ю.Д.</i>	
Принятие решений на основе данных с помощью многокритериального анализа.....	149
<i>Рыбенко И.А., Буинцев В.Н., Белавенцева Д.Ю.</i>	
Использование статических моделей для управления кислородно-конвертерным процессом	152
<i>Байдалин А.Д., Рыбенко И.А.</i>	
Использование криптографии при прогнозировании тенденций рынка ценных бумаг	157
<i>Srybnik M.A.</i>	
Software development of an applied 3D mock-up model in the oil industry	162
<i>Шамсимухаметов П.Р., Гурин И.А., Лавров В.В., Сирин Н.А.</i>	
Технология контейнеризации программных приложений и её применение в научно-образовательной деятельности	164
<i>Ившин А.А., Лавров В.В., Девятых Е.А.</i>	
Функциональная модель установки получения мелкодисперсных металлических порошков заданных размеров	169
<i>Анфёров Д.В., Мартусевич Е.А.</i>	
Разработка информационно-консультационной системы для профориентации абитуриентов и осознанного выбора сферы профессиональной деятельности.....	175
<i>Гутова С.Г., Новосельцева М.А., Григорьева А.Е.</i>	
Сравнительный анализ методов цифрового моделирования на примере динамического объекта первого порядка.....	178
<i>Пимонов А.Г., Никитин А.А., Носов Д.А.</i>	
Использование искусственного интеллекта в составе образовательно-аналитической платформы для организации адаптивного дистанционного обучения	184
<i>Подшивалов Е.С., Крюков О.В.</i>	
Модели энергетики нефтедобычи с автономной генерацией	187
<i>Манакина М.О., Муравьев И.К.</i>	
Моделирование паровой турбины К-300-240 в среде SimInTech	193
<i>Самохвалов И.А.</i>	
Наукоемкие информационные технологии в градостроении	200
<i>Михайлова В.Л.</i>	
Роль и место информационных технологий в организации производства наукоемкой продукции.....	203
<i>Тарасов Н.С.</i>	
Инновационные подходы к управлению земельными ресурсами: роль моделирования в оптимизации процессов	206
<i>Павлова Л.Д., Фрянов В.Н.</i>	

Алгоритм численной оценки эксплуатационной устойчивости подготовительных выработок на наклонных угольных пластах.....	208
<i>Лисиенко В.Г., Чесноков Ю.Н., Лаптева А.В.</i>	
Автоматизация производства и искусственный интеллект.....	216
СЕКЦИЯ 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ	
<i>Буркова И.В.</i>	
Минимизация затрат в проектах на основе мягких зависимостей.....	219
<i>Жилина Н.М.</i>	
Демографические показатели современной России в международном сравнении.....	224
<i>Каиркенов Х.К., Зимин А.В.</i>	
Формирование программ развития в организациях с многоцелевыми проектами	230
<i>Прохоров И.М.</i>	
Функциональная структура саморазвивающейся системы управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования промышленного предприятия	240
<i>Гасымов Р.Р., Рыбенко И.А., Куценко А.И.</i>	
Проектирование информационной системы формирования плана финансово-хозяйственной деятельности университета	243
<i>Бабичева Н.Б., Кирчева А.С., Мамедов И.В.</i>	
Применение цифрового следа в построении непрерывной образовательной траектории	248
<i>Бычков А.Г., Киселева Т.В., Маслова Е.В.</i>	
Использование сегментации для повышения эффективности свёрточных нейронных сетей.....	254
<i>Чернова Л.В.</i>	
Исследование методов защиты данных от утечек в системах DLP на примере кредитных организаций.....	261
<i>Батенков К.А.</i>	
Основа определения оперативных норм на параметры ошибок каналов и трактов плезиохронной цифровой иерархии.....	265
<i>Васянин А.К., Калашиников С.Н.</i>	
Управление порожними вагонопотоками в железнодорожном узле металлургического комбината	267
<i>Кузнецова Е.С., Кузьмина С.Ю., Кузьмин С.А.</i>	
Интеллектуальный учет электроэнергии основа перехода к цифровизации в электроэнергетике	271
<i>Кузнецова Е.С., Долгих Р.В., Захаров А.В.</i>	
Разработка системы прогнозирования состояния работы электрооборудования	275
<i>Купчик Б.М., Новиков А.А., Заверячев С.А., Коровин Е.В., Купчик М.Б.</i>	
Принятие управленческих решений в здравоохранении на основе автоматизированной системы анализа доказанной эффективности лекарственных препаратов на примере Кемеровской области - Кузбасса за	

2021 - 2022 годы.....	279
<i>Поповян Н.О., Усов А.Б.</i>	
Информационно-аналитическая система управления деятельностью предприятия по производству асфальта и асфальтобетонной смеси	284
<i>Грачев А.В.</i>	
Подходы к оцениванию работы узлов в распределенной сетевой структуре для задач управления техническими элементами	291
<i>Рыленков Д.А., Калашиников С.Н.</i>	
Управление конфигурациями телекоммуникационного оборудования при решении задач обеспечения информационной безопасности.....	294
<i>Лубина О.С., Калашиников С.Н.</i>	
Разработка теоретических основ для управления образовательным процессом при изучении учебных дисциплин математического цикла с использованием технологий виртуальной и дополненной реальностей	297
<i>Шабалин В.С., Киселева Т.В.</i>	
Обзор существующих методов и инструментов управления организацией	300
СЕКЦИЯ 4. СОВРЕМЕННЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА	
<i>Поползин И.Ю.</i>	
К вопросу о применении электропривода, построенного по схеме машины двойного питания, для механизмов с большими диапазонами регулирования скорости (на примере подъемной установки)	306
<i>Дурнев А.А., Симаков В.П., Кипервассер М.В.</i>	
Применение сглаживающих фильтров для преобразователей приводов рольгангов металлургических производств с целью снижения генерации высших гармоник в питающую сеть	311
<i>Бедарев М.А., Коновалов О.В., Мамонтов Д.Н., Кипервассер М.В.</i>	
Особенности модели фазосдвигающего трансформатора Zigzag Phase-Shifting Transformer в среде Matlab Simulink при моделировании силовых трансформаторов 10(6)/0,4 со схемой соединения обмоток Y/Zn-11	314
<i>Васенин А.Б., Крюков О.В.</i>	
Система мониторинга автоматизированного электропривода	318
<i>Степанов С.Е., Крюков О.В.</i>	
Переходные процессы короткого замыкания в электроприводе	324
<i>Стищенко К.П., Герасимук А.В., Кипервассер М.В.</i>	
Влияния высших гармонических составляющих в питающем напряжении тяговой подстанции на качество выпрямленного напряжения и напряжения на шинах 10/6 кВ.....	330
<i>Поползин И.Ю., Кубарев В.А.</i>	
Электропривод с асинхронным электродвигателем двойного питания.....	335
<i>Кубарев В.А., Зайцев Н.С., Кузнецова Е.С.</i>	
Математическое моделирование синхронного двигателя с демпферной обмоткой в системе относительных единиц «Парка-Горева».....	339
<i>Александров Н.А., Модзелевский Д.Е., Кипервассер М.В.</i>	
Модернизация многодвигательного электропривода установки сухого	

тушения кокса с учетом неидентичности характеристик электродвигателей	346
<i>Поползин И.Ю., Живаго Р.Э.</i>	
Особенности работы синхронного двигателя при колебаниях сетевого напряжения в нерегулируемых электроприводах с длительным режимом работы.....	351
<i>Костылев С.Ю., Модзелевский Д.Е.</i>	
Построение модели и синтез управления автоматизированной поточно-транспортной системы	356
<i>Калачева О.К., Модзелевский Д.Е.</i>	
Исследование режимов работы многоагрегатного электропривода насосной станции	362
<i>Алтухов Д.И., Модзелевский Д.Е.</i>	
Разработка многоуровневого инвертора напряжения для электропривода ШПУ.....	367
<i>Вершинин М.С., Модзелевский Д.Е.</i>	
Применение имитационного моделирования при создании тренажера для подготовки к сдаче демонстрационного экзамена по «Мехатронике».....	374
<i>Мальшев Г.Д., Борщинский М.Ю.</i>	
Разработка электронного значка со световой эмблемой СибГИУ	381
<i>Ушаков В.В., Кармачев С.К., Борщинский М.Ю.</i>	
Осциллограф на базе персонального компьютера.....	383
<i>Рогожников И.П., Борщинский М.Ю.</i>	
Реализация системы единого времени с использованием микроконтроллера.....	386
<i>Яценко Н.Р., Борщинский М.Ю.</i>	
Измерение АФЧХ с помощью универсального измерительного прибора OSA103F	390
<i>Дорошенко А.В.</i>	
Современные методы и средства исследования автоматизированных электрических и электромеханических систем. состояние, проблемы, перспективы	394
<i>Сарсембин А.О., Кубарев В.А.</i>	
Системы автоматического регулирования возбуждения синхронных двигателей шахтного подъёма	398
<i>Кубарев В.А., Кучик М.М., Маршев Д.А.</i>	
Визуализация электрических схем.....	402
<i>Бунакова М.Т., Водоватова А.Е., Корнеев П.А., Мищенко С.А., Низовская А.Д.,</i>	
Разработка учебного квадрокоптера	406
СПИСОК АВТОРОВ	412
СОДЕРЖАНИЕ	414

Научное издание

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2023**

**ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)**

12-14 декабря 2023 г.

Под общей редакцией д.т.н., доц. В.В. Зимина

Техническое редактирование и компьютерная верстка В.И. Кожемяченко

Подписано в печать 01.12.2023 г.

Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага писчая. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 25.04. Уч.-изд. л. 26.64. Тираж 20 экз. Заказ 260.

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, зд. 42.
Издательский центр СибГИУ