

ISSN 2220-3699

**СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

***ТРУДЫ ДЕВЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ***

*ПОСВЯЩАЕТСЯ 90-ЛЕТИЮ
СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ИНДУСТРИАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА*

**НОВОКУЗНЕЦК
25-26 НОЯБРЯ 2020 г.**

УДК 621.34.001.2 (0758)

А 18

Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: Труды Девятой научно-практической конференции / Под общей редакцией В.Ю. Островляничика, В.А.Кубарева. — Новокузнецк: изд-во СибГИУ, 2020 г. — 216 с., ил.

ISSN 2220-3699

Сборник содержит труды IX Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию СибГИУ. В докладах представлены результаты научных исследований и практических приложений по проектированию, созданию математических моделей, теоретических основ энергосберегающего автоматизированного электропривода с традиционным и микропроцессорным управлением, решению проблем электроснабжения электрических установок и учета электрической энергии. Рассматриваются решения, ориентированные на применение в производстве и учебном процессе.

Сборник предназначен для научных работников, инженерно-технических работников предприятий, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

Под общей редакцией: д.т.н., проф. Островляничика В.Ю.
к.т.н., доц. Кубарева В.А.

ISSN 2220-3699

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2020

УДК 004.051

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДСТОЯЩЕЙ ПЛАВКОЙ СТАЛИ

Р.С. Койнов, С.М. Кулаков, Е.Н. Тараборина

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Рассмотрена актуальная задача выбора оптимальных прецедентов при человеко-машинном управлении процессом плавки металла в сталеплавильных агрегатах (дуговых печах, кислородных конвертерах и т.д.), являющихся агрегатами циклического действия.

Ключевые слова: автоматизированное управление, технологические объекты, модельный подход, натурно-модельный подход. метод прецедентов, CBR-цикл принятия решений, функциональная структура системы управления, алгоритм выбора прецедентов.

Введение. В первые десятилетия 21 века, в сфере развития систем автоматизированного управления организационными (активными) объектами, значительное внимание уделяется применению метода прецедентов при выработке и принятии управляющих решений, [1,2,3]. Относительно недавно появились первые публикации по применению этого метода в системах человеко-машинного управления сложными (трудно формализуемыми) технологическими агрегатами циклического действия, к числу которых относятся современные агрегаты для выплавки стали, [4,5]. В этих публикациях предложен модифицированный CBR-цикл выработки управляющих решений, в частности, - программ управления каждым предстоящим технологическим циклом. Задача выбора оптимальных прецедентов для формирования программы управления предстоящей плавкой стали при человеко-машинном управлении сложным металлургическим агрегатом (СМА) циклического действия, электросталеплавильной печью, кислородным конвертером. агрегатом «печь-ковш» и т.д., является первой в модифицированном CBR-цикле. Её сложность заключается в

нестационарности условий работы и большом разнообразии состояний СМА. Содержательная постановка задачи выбора наилучшего прецедента, из числа программ управления, реализованных в ранее выполненных плавках стали, может быть представлена в следующем виде.

Задано: 1. Информационная модель j -ой плавки-прецедента, структура которой дана на рисунке 1 и включает данные: о выходных воздействиях Y_j объекта управления, управляющих U_j и контролируемых внешних воздействиях W_j на объект, параметрах S_j состояния объекта.

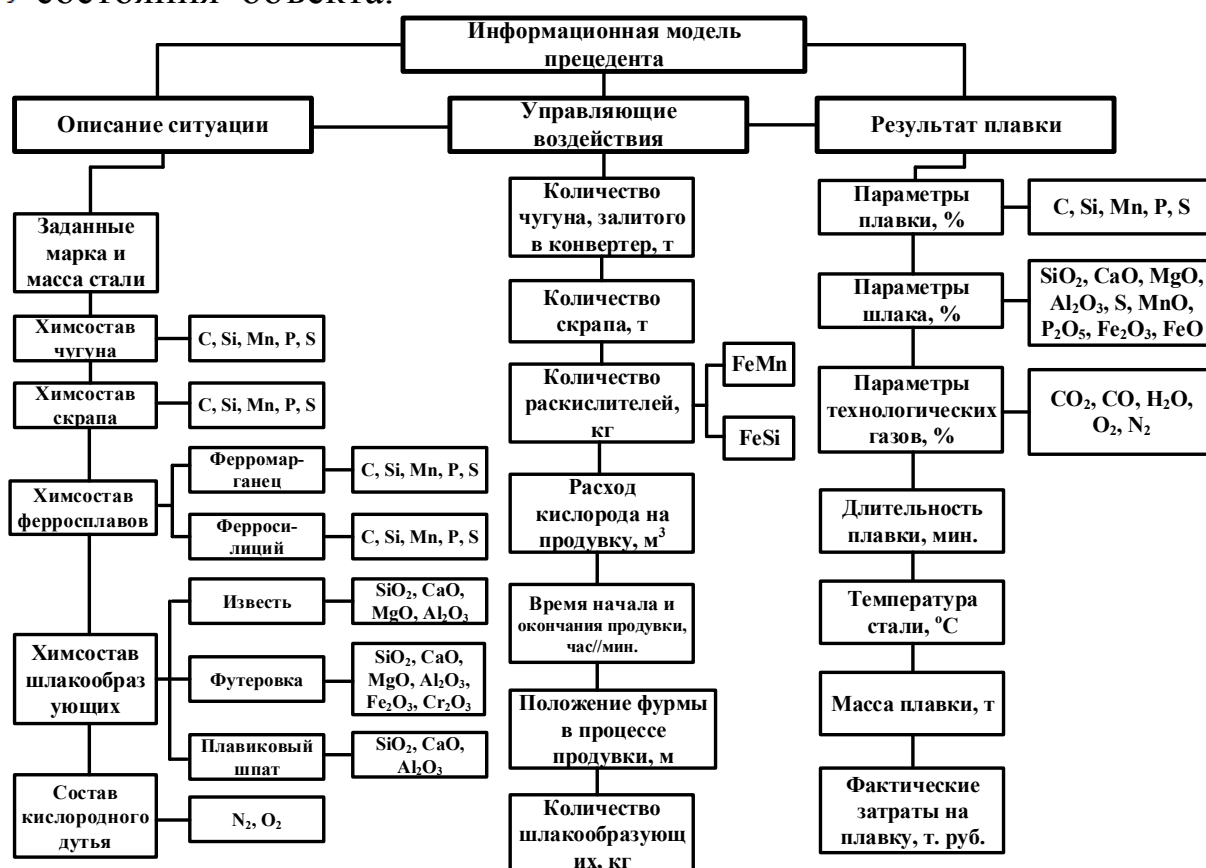


Рисунок 1 – Структура информационной модели плавки-прецедента

2. База прецедентов, включающая данные $Z_j = \{Y, U, W, S\}_j$ о множестве $J = \{j\}$ прошлых плавки стали за определённый период T времени (месяц, квартал, год).

3. Множество известных мер (метрик, критериев) $M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$ близости ситуаций для прошлых и предстоящей плавки стали.

Например: евклидова мера, манхеттенская мера, мера Хэмминга, мера считающего расстояния [6] для расчёта значений которых, кроме меры считающего расстояния, все параметры ситуаций должны быть нормированы, в частности, приведены к безразмерному виду и единой шкале.

4. Ограничения, которые следует учесть при выборе прецедентов. В частности:

- актуальным прецедентом может считаться только та ранее выполненная на данном агрегате плавка стали, в результате которой была получена марка стали, которая задана на предстоящую плавку;
- в число актуальных прецедентов можно включать только те плавки из базы прецедентов, которые принадлежат подмножеству плавов проведённых на данном агрегате не далее, чем за сутки (неделю, декаду, месяц) до предстоящей плавки;
- допустимым прецедентом, для редко выплавляемых марок стали, может быть плавка выполненная на другом, однотипном данному, агрегате.

Требуется: обоснованно выбрать лучшую, на множестве M , метрику близости прошлых и предстоящей плавов стали и разработать алгоритм выбора заданного количества оптимальных, по критерию близости ситуаций, прецедентов, которые удовлетворяют ограничениям.

1. Выбор метрики близости условий для плавов-прецедентов и предстоящей плавки стали в кислородном конвертере

Учитывая, что процесс автоматизированной шихтовки и ведения конвертерной плавки стали осуществляется мастером цеха и машинистом дистрибутора, то есть лицами, принимающими решения (ЛПР), последним следует поручить формирование программы управления предстоящей плавкой, в том числе в выбор для неё оптимального прецедента. При этом выбор конкретной метрики близости, первое время, должен выполняться в режиме советчика. Это означает, что АСУТП должна определять оптимальный прецедент по нескольким мерам, а ЛПР должно иметь возможность выбора лучшего из них.

В качестве исходного множества близости выбраны следующие меры:

– *Евклидова мера* $d_E = (Z_j, Z^*)$, которая представлена следующим выражением:

$$d_E(Z_j, Z^*) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (z_{ji} - z_i^*)^2}, \quad (1)$$

где Z_j – вектор параметров j -го прецедента, Z^* – вектор параметров предстоящей плавки; z_{ji} – нормированное значение i -го параметра j -го прецедента, z_i^* – нормированное значение i -го параметра предстоящей плавки.

2. *Мера Хэмминга*, представленная выражением:

$$d_H(Z_j, Z^*) = \sum_{i=1}^n |z_{ji} - z_i^*|. \quad (2)$$

3. *Манхеттенская мера* является расширенным случаем *меры Хэмминга* или *Евклидовой меры* с той лишь разницей, что в ней используется коэффициент важности параметра, например:

$$d_{MH}(Z_j, Z^*) = \sum_{i=1}^n \alpha_i |z_{ji} - z_i^*|, \quad (3)$$

$$d_{ME}(Z_j, Z^*) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i (z_{ji} - z_i^*)^2},$$

где α_i – коэффициент важности i -го параметра плавки (как правило, $\alpha_i \in [0, 1]$).

4. *Обобщённое считающее расстояние*:

$$d_O(Z_j, Z^*) = \sum_{i=1}^n \begin{cases} 1, & \text{если } z_{ji} \in (z_i^* \mp \delta Z_i) \\ 0, & \text{если } z_{ji} \notin (z_i^* \mp \delta Z_i) \end{cases}, \quad (4)$$

где $d_O(Z_j, Z^*)$ – количество координат векторов Z_j, Z^* , по которым эти векторы разнятся друг от друга на величину меньшую чем окрестности $\{\mp \delta Z_i\}$ координат $\{z_i^*\}$ вектора Z^* .

Оптимальному прецеденту соответствует минимум, при использовании первых трёх мер, и максимум, при использовании четвёртой меры. Нормирование оценок $\{\bar{z}_i\}$ первичных данных, при использовании выражений (1-3), осуществлялось по формуле:

$$z_i = \frac{\bar{z}_i - z_i^{\min}}{z_i^{\max} - z_i^{\min}} \quad (5)$$

Преимуществом меры (4) является необязательность операции нормирования первичных данных $\{\bar{z}_i\}$ для получения значений $\{z_i\}$.

Сравнительный анализ рассмотренных метрик был выполнен на основе апробации алгоритмов их расчёта с использованием паспортных данных реальных плавов стали. Коэффициенты важности $(\alpha_i, i = 1, 2, \dots, n)$ параметров металлошхты на данном этапе выбирались экспертно с учётом относительной трудности удаления серы и фосфора а также сродства углерода, кремния, марганца, хрома, железа и других элементов к кислороду. Исходя из показателей точности и сложности вычисления значений данных метрик для дальнейшего исследования были избраны формулы (3,4).

По результатам моделирования процесса поиска оптимальных прецедентов на основе натурных данных, в том числе с использованием таких характеристик, как марка стали, близость прецедента во времени к моменту начала предстоящей плавки стали, химсостав чугуна, ферросплавов, скрапа, шлакообразующих, при коэффициенте важности для каждого параметра $\alpha_i = 1$ можно сделать следующий вывод: разному количеству используемых в моделировании прецедентов соответствует различная оптимальная мера. Это связано с различными значениями параметров плавов-прецедентов в конкретный расчетный период. Поэтому определение оптимальных прецедентов должно быть многовариантным по условиям выше сформулированной задачи выбора, в частности, по критериям оптимальности, по ограничениям на мощность множества рассматриваемых прецедентов, на количество имеющихся в бункерах сыпучих материалов. Во всех вариантах следует учитывать высокую напряжённость работы ЛПР и отображать им для окончательного выбора минимальное количество, например 1 – 2, оптимальных прецедента.

Процедура выбора оптимальных прецедентов.

Процедуру следует рассматривать в контексте предложенного ранее [7] цикла выработки и реализации управляющих решений (рисунок 2; жирно выделены блоки, связанные с выбором и коррекцией оптимальных прецедентов).



Рисунок 2 – Модифицированный цикл выработки и реализации управляющих решений в системе управления СМА

Предлагаемая человеко-машинная процедура выбора оптимальных прецедентов включает следующие действия, которые должны быть выполнены за 10 ÷ 20 минут до окончания текущей плавки стали:

1 На рабочую станцию ЛПР (мастера и оператора дистрибутора) поступает задание на предстоящую плавку (новая ситуационная задача), содержащее параметры ситуации для новой плавки, в том числе: заданную массу плавки и марку стали (химсостав, температуру), химсостав жидкого чугуна, скрапа, ферросплавов и шлакообразующих.

2 ЛПР осуществляет запуск процесса формирования 2-х ближайших, к текущему моменту времени, выборки из базы прецедентов и алгоритм отбора нескольких оптимальных прецедентов, при этом:

2.1 из 2-х выборок отбираются подмножества прецедентов, удовлетворяющих ограничениям по марке и температуре стали, массе плавки, наличию сыпучих материалов;

2.2 на основе заданной меры близости формируется ограниченная группа оптимальных (то есть наиболее близких к предстоящей плавке по значениям ситуационных параметров) прецедентов;

2.3 представители группы оптимальных прецедентов последовательно, в сжатой форме, отображаются ЛПР, которые, по своему усмотрению, выбирают прецедент для реализации. Если ЛПР не находят подходящий прецедент, то они могут поменять меру близости или ограничения и вновь обратиться к шагу 2.2 для формирования новой группы оптимальных прецедентов.

3 ЛПР принимают к реализации выбранный прецедент «как есть» или делает его корректировку.

Затем выбранные/уточненные параметры программы используются для управления процессом плавки стали.

Заключение. Предложена человеко-машинная процедура выбора, из регулярно пополняемой базы данных о прошлых плавках стали, оптимальных прецедентов для формирования программы управления предстоящей плавкой на основе отобранного критерия оптимальности и вариантных ограничений. Сформирована многовариантная задача выбора оптимальных прецедентов и множество возможных метрик (критериев оптимальности). Проведена апробация предложенных метрик процесса поиска оптимальных прецедентов на основе натурных данных, позволившая выбрать две лучших метрики. Представлены: информационная модель прецедента применительно к системе управления выплавкой стали в конвертере, прецедентный цикл принятия ЛПР управляющих решений в форме программы управления, краткое описание процедуры выбора оптимальных прецедентов.

Литература

1 Карпов Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин // Труды института системного программирования РАН, Т. 13, ч. 2. – М., 2007, с. 37-57.

2 Авдеенко Т.В. Система поддержки принятия решений в IT-подразделениях на основе интеграции прецедентного подхода и онтологии / Т.В. Авдеенко, Е.С. Макарова // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-v-it-podrazdeleniyah-na-osnove-integratsii-pretsedentnogo-podhoda-i-ontologii> (дата обращения: 16.11.2020).

3 Варшавский П.Р. Метод поиска решений в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе прецедентов / П.Р. Варшавский, Р.В. Алехин // International Journal "Information Models and Analyses" Vol.2 / 2013, Number 4. – с. 385-392.

4 Прецедентный подход к формированию программ управления объектами циклического действия / С. М. Кулаков, В. Б. Трофимов, А. С. Добрынин, Е. Н. Тараборина // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве AS`2017 : труды XI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), 14-16 декабря 2017 г. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2017. – С. 11–19. – Библиогр.: с. 19 (18 назв.).

5 Кулаков, С. М. Метод прецедентов в системах управления сложными технологическими объектами / С. М. Кулаков, М. В. Ляховец, Р. С. Койнов // Труды XIII Всероссийского совещания по проблемам управления. ВСПУ-2019, Москва, 17–20 июня 2019 г. – Москва, 2019. – 6 с.

6 Метрики и расстояния, используемые в методе ближайших соседей / Электронный ресурс. – URL: <https://delirium-00.livejournal.com/7215.html> (дата обращения: 15.11.2020).

7 Управление слабоформализуемым технологическим объектом на основе метода прецедентов / С. М. Кулаков, М. В. Ляховец, Р. С. Койнов, Е. Н. Тараборина // Приоритетные

направления инновационной деятельности в промышленности : сборник научных статей международной научной конференции, 31 января 2020 г. – Казань, 2020. – Ч. 1. – С. 113–120. – Библиогр.: с. 119–120 (14 назв.).

УДК621.311.11

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МИНИ-ТЭЦ В MATLAB

О. В. Кончакова, В. А. Кузнецов, Е. С. Кузнецова,
Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк

В работе построена имитационная модель мини-ТЭЦ, которая содержит в себе модель турбины. Параметрами турбины управляет система регулирования с заданными значениями. Приводятся полученные зависимости.

Ключевые слова: мини-ТЭЦ, электроснабжение, имитационное моделирование, турбогенератор, турбина.

Одним из способов решения задачи бесперебойного электроснабжения в период аварии является подключение резервных станций. Мини-ТЭЦ позволяет с небольшими затратами обеспечить поддержку электроснабжения потребителей в условиях временного отключения основного источника, а в некоторых случаях рассматривать как основной автономный источник питания [1, 2].

Проектирование мини-ТЭЦ требует учитывать ряд параметров:

- режим работы всех инженерных систем в расчетные периоды, число которых может быть 8–24 и даже более;
- суточные, недельные, сезонные и годовые графики электрических нагрузок;
- параметры используемого топлива;
- возможность подключения к единой энергосистеме.

Одним из способов учесть все эти параметры при разработке мини-ТЭЦ является разработка компьютерной модели.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Секция 1 Теоретические аспекты и методология построения современного электропривода, подготовка и переподготовка инженерных и научных кадров.....	5
РАЗРАБОТКА МНОГОДВИГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМА ВАГОНА РАСКАЛЕННОГО КОКСА УСТК Н.А. Александров, Д.Е. Модзелевский, Е.В. Жданов	6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СКИПА ШАХТНОЙ ПОДЪЁМНОЙ УСТАНОВКИ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ М. Ю. Борщинский	14
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КРАНОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ОСНОВЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ SIEMENS Е.В. Жданов, Н.А. Александров, Д.Е. Модзелевский	21
ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО РЕЛЕ ФИРМЫ ОВЕН В. А. Кубарев, О. Р. Галлямов, А. О. Сарсембин, Т. В. Богдановская, А. М. Гуров.....	28
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЛАВНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПРОКАТНОГО ТОЛСТОЛИСТОВОГО СТАНА ПО СИСТЕМЕ «ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ – СИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ» В.А. Кузнецов, Н.С. Зайцев, Е.С. Кузнецова	32

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЕМ АДКЗ С ШИП
ГЕНЕРАЦИЕЙ СИНУСОИД ПО ПЕРВОЙ ГАРМОНИКЕ

П. Н. Кунин, М. М. Кучик, А. И. Рыбаков..... 40

АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В. Ю. Островляничик, И. Ю. Поползин..... 49

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМНОЙ
УСТАНОВКИ

В. Ю. Островляничик, И. Ю. Поползин 59

СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК И ДИАПАЗОНА РЕГУЛИРОВАНИЯ
СКОРОСТИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С
ДВОЙНЫМ ПИТАНИЕМ

В. Ю. Островляничик, И. Ю. Поползин 68

АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНЫМ
РОТОРОМ

В. Ю. Островляничик, И. Ю. Поползин, Д. А. Маршев 77

**Секция 2 Информационные и управляющие системы
технологическими процессами и системы автоматизации
технологических процессов и производственных комплексов 85**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВМ-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

В. В. Грачев, Л. П. Мышляев, Д. Е. Коровин, Г. А. Кулюшин 86

РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
КОМПЛЕКСА ПРОЦЕССОВ ПРОВЕТРИВАНИЯ В
ШАХТЕ

И. Р. Загидулин, А. С. Саламатин, М. В. Ляховец,
Я. И. Прищепа..... 95

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДСТОЯЩЕЙ ПЛАВКОЙ СТАЛИ Р.С. Койнов, С.М. Кулаков, Е.Н. Тараборина.....	100
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МИНИ-ТЭЦ В MATLAB О. В. Кончакова, В. А. Кузнецов, Е. С. Кузнецова	108
ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С. О. Корнева, Е. С. Кузнецова, В. А. Кузнецов.....	117
СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННОГО СБОРА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА Д.Е. Коровин, М.В. Ляховец	127
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ Костык А. В., В. А. Кузнецов, Е. С. Кузнецова.	130
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И УЧЕТА РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ С. А. Кузьмин, Е. С. Кузнецова, В. А. Кузнецов.	136
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДРОБИЛЬНОЙ ВАЛКОВОЙ МАШИНОЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ А.Г. Никитин, К.В. Тагильцев-Галета, К.А. Чайников	145
ПЕРЧАТКА – КОНТРОЛЛЕР С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ И. В. Присяжнюк, Д.Е. Модзелевский.....	151

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ С. Ю. Романюк, Е. С. Кузнецова, В. А. Кузнецов	158
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ АГРЕГАТАМИ НА ПРИМЕРЕ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ А.С. Саламатин, И.В. Макаров, М.М. Свинцов	164
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ПЕРЕДОВЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В. Н. Фрянов, Л. Д. Павлова	171
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ И ЛОКАЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО ТЕРМОУПРОЧНЕННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А. А. Усольцев, А.Р. Михно	179
ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО ТЕРМОУПРОЧНЕННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А. А. Усольцев, А.Р. Михно	187
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ НА МАШИНЕ МСР-63.01 Р.А. Шевченко, Н.А. Козырев, А. А. Усольцев, А.Р. Михно, С.Н. Кратько	194
МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОТЛОВЫМ АГРЕГАТОМ А.А. Филипас, М.А. Шенделёв, И.М. Тарабукин	202

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

ТРУДЫ ДЕВЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

26-26 НОЯБРЯ 2020 г.

Под. общ. ред.: д.т.н., проф. Островляничка В.Ю.,
к.т.н., доц. Кубарева В.А.

Техническая редакция: Поползин И. Ю.

Компьютерная верстка:
Поползин И. Ю.

Подписано в печать 03.12.2020

Формат 60x84 1/16

Бумага писчая

Печать цифровая

Тираж 50 экз.

Усл. печ. л. 12,56

Уч.-изд. л. 12,97

Заказ №226 _____

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ