

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ООО «Объединённая компания Сибшахтострой»
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»
Кузбасский научный центр СО АИН им. А.М. Прохорова**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2021**

**ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

(с международным участием)

2 – 3 декабря 2021 г.

**Новокузнецк
2021**

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия

д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор С.М. Кулаков,
д.т.н., профессор Л.П. Мышляев, к.т.н. О.В. Михайлова,
к.т.н., доцент В.А. Кубарев

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) : AS'2021 : труды XIII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) 2 – 3 декабря 2021 г. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации , Сибирский государственный индустриальный университет ; под общей ред. : С. М. Кулакова, Л. П. Мышляева. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2021. - 417 с. : ил.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам автоматизации управления технологическими процессами и предприятиями, социально-экономическими системами, образованием и исследованиями. 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 студентов.

УДК 658.011.56

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
ООО «Объединённая компания «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк)
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления» (г. Новокузнецк)
ООО «ЕвразТехника» (г. Новокузнецк)
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс» (г. Кемерово)
Журналы: «Известия вузов. Чёрная металлургия» (г. Москва, Новокузнецк),
«Вестник СибГИУ» (г. Новокузнецк)

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2021

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Ивушкин А.А. – д.т.н., профессор, председатель совета директоров ООО «Объединённая компания Сибшахтострой», (г. Новокузнецк), председатель.
2. Бурков В.Н. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН (г. Москва), заместитель председателя.
3. Зимин В.В. д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизации и информационных систем ФГБОУ ВО «СибГИУ», (г. Новокузнецк).
4. Кулаков С.М. – д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизации и информационных систем ФГБОУ ВО «СибГИУ», (г. Новокузнецк).
5. Новиков Д.А. – член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор, директор ИПУ им. Трапезникова В.А. РАН, (г. Москва).
6. Спирин Н.А. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой теплофизики и информатики в металлургии, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», (г. Екатеринбург).
7. Танг Г. – профессор университета Циньхуа, г. Шеньжень, КНР.
8. Уандыков Б.К. – к.т.н., Министерство транспорта и коммуникаций Республики Казахстан, (Астана).
9. Федосенков Б.А. – д.т.н., профессор, профессор кафедры информационных и автоматизированных производственных систем ФГБОУ ВО «КузГТУ», (г. Кемерово).
10. Фокин С.Г. – к.т.н., старший научный сотрудник Объединённого института проблем информатики НАН Республики Беларусь, (г. Минск).
11. Хомченко В.Г. – д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизации и робототехники ФГБОУ ВО «ОмГТУ», (г. Омск).
12. Шурыгин Ю.А. – д.т.н., профессор, директор департамента управления и стратегического развития ТУСУР, (г. Томск).
13. Юсупов Б.С. – к.т.н., доцент Филиала РГУ нефти и газа, (г. Ташкент).

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Юрьев А.Б., д.т.н., ректор ФГБОУ ВО «СибГИУ», (г. Новокузнецк) – председатель.
2. Козырев Н.А. – д.т.н., профессор, проректор СибГИУ по научной и инновационной деятельности – зам. председателя.
3. Кулаков С.М. – д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизации и информационных систем ФГБОУ ВО «СибГИУ», (г. Новокузнецк) – зам. председателя.
4. Грачёв В.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедры АИС, зам. директора ООО «НИЦСУ».
5. Добрынин А.С. – к.т.н., научный секретарь конференции – руководитель группы поддержки конференции, ФГБОУ ВО «СибГИУ», (г. Новокузнецк).
6. Жилина Н.М. – д.т.н., профессор, и.о. заведующего кафедрой медицинской кибернетики и информатики ГБОУ ДПО «Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей», (г. Новокузнецк).
7. Зимин А.В. – к.т.н., руководитель центра цифровых компетенций, АО «Евраз ЗСМК».
8. Киселева Т.В. – д.т.н., профессор, профессор кафедры прикладных информационных технологий и программирования ФГБОУ ВО «СибГИУ», (г. Новокузнецк).
9. Крупин Е.А. – нач. рег. центра экпл. АСУТП «Сибирь», ООО «ЕвразТехника».
10. Кубарев В.А. – к.т.н., доцент, зав. кафедрой электротехники, электропривода и промышленной электроники ФГБОУ ВО «СибГИУ».
11. Ляховец М.В. – к.т.н., доцент, директор ГПОУ «Кузбасский колледж архитектуры, строительства и информационных технологий», (г. Новокузнецк).
12. Михайлова О.В. – к.т.н., зав. кафедрой АИС ФГБОУ ВО «СибГИУ».
13. Мышляев Л.П. – д.т.н., профессор, директор ООО «НИЦСУ», (г. Москва).
14. Никитенко С.М. – д.э.н., в.н.с., ФИЦ угля и углехимии, (г. Кемерово).
15. Павлова Л.Д. – д.т.н., профессор, директор ИИТиАС ФГБОУ ВО «СибГИУ».
16. Петрик Н.А. – к.т.н., доцент, директор НОЦ «Кузбасс», (г. Кемерово).

6. Auger, F., Chassande-Mottin, E. Quadratic time-frequency analysis I: Cohen's class, Time-frequency analysis: concepts and methods // ISTE. 2008. January. – P. 131–163.

7. Fedosenkov, D. B., Simikova, A. A., Kulakov, S. M., Fedosenkov, B. A. Cohen's class time-frequency distributions for measurement signals as a means of monitoring technological processes // Steel in Translation. 2019. V. 49. N. 4. – P. 252–256.

8. Федосенков Б.А., Федосенков, Д.Б. Автоматизированное управление технологическими процессами в вейвлет-среде: моногр. Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2021. – 161 с.

9. Debnath, L. Recent development in the Wigner-Ville distribution and time-frequency signal analysis // Proceedings of the Indian National Science Academy (PINSIA), January 2002. 68A:1. – P. 35–56.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДСТОЯЩЕЙ ПЛАВКОЙ СТАЛИ В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ

Кулаков С.М., Койнов Р.С., Тараборина Е.Н., Квашнин К.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

Аннотация. Рассмотрена актуальная задача человеко-машинного управления сложными технологическими агрегатами и комплексами, которые характеризуются большим разнообразием состояний, многомерностью, изменчивостью, неопределенностью. К числу таких агрегатов в чёрной металлургии относятся: коксовые батареи, доменные печи, сталеплавильные агрегаты (дуговые печи, кислородные конвертеры), литейно-прокатные комплексы, прокатные станы, основные цехи и производства. Показана недостаточная для 21-го века эффективность модельного подхода к созданию систем управления такими объектами. Рассмотрены альтернативные подходы, основанные на концепции лучших практик. В частности, к ним относятся натурно-модельный и натурный подходы к разработке систем поддержки и принятия управляющих решений. Представлены известные натурно-модельные процедуры применения лучших практик, такие как: метод типопредставительных ситуаций, метод образцовых технологических циклов. Предложен новый, для систем управления технологическими процессами, (прецедентный) метод автоматизированного выбора и реализации управляющих воздействий с участием операторов-технологов. Разработан модифицированный прецедентный цикл (СВР-цикл) выбора управлений и соответствующая функциональная схема системы программного управления технологическим агрегатом циклического действия. Усовершенствованный прецедентный СВР-цикл включает следующие дополнительные операции: коррекция управляющих решений для отобранных прецедентов; ретроспективная оптимизация реализованных управляющих решений; сохранение не только лучших и оптимизированных, но и ошибочных решений; актуализация базы прецедентов; формирование решений в уникальных или ранее не зафиксированных ситуациях. Сформирована структура информационной модели прецедента на примере программного управления плавкой стали в условиях кислородно-конвертерного цеха. Она включает три раздела: данные о конкретной ситуации в системе управления, параметры выбранных управляющих воздействий, полученные результаты плавки стали. Разработан пример формирования программы управления процессом подготовки и выполнения предстоящей плавкой стали, на основе данных предварительно выбранной плавки-прецедента, в условиях современного кислородно-конвертерного цеха.

Ключевые слова: автоматизированное управление, сложные технологические объекты, модельный подход, натурно-модельный подход, типопредставительные ситуации, метод прецедентов, СВР-цикл принятия решений, функциональная структура системы прецедентного управления, информационная модель прецедента, плавка стали в кислородном конвертере, программа управления предстоящей плавкой, коррекция прецедентных управляющих решений.

Abstract. The actual problem of man-machine control of complex technological units and complexes, which are characterized by a wide variety of states, multidimensionality, variability, uncertainty, is considered. Such units in the ferrous metallurgy include: coke oven batteries, blast furnaces, steel-making units (arc furnaces, oxygen converters), casting and rolling complexes, rolling mills, main shops and production facilities. The efficiency of the model

approach to the creation of control systems for such objects is shown to be insufficient for the 21st century. Alternative approaches based on the concept of best practices are considered. In particular, these include natural-model and full-scale approaches to the development of support systems and making control decisions. The well-known natural-model procedures for applying the best practices are presented, such as: the method of typical representative situations, the method of exemplary technological cycles. A new (precedent) method for automated selection and implementation of control actions with the participation of process operators is proposed. A modified precedent cycle (CBR-cycle) for the selection of controls and the corresponding functional diagram of the programmed control system for a technological unit of cyclic action have been developed. The improved CBR case cycle includes the following additional operations: correction of control decisions for selected cases; retrospective optimization of implemented management solutions; saving not only the best and optimized, but also erroneous decisions; updating the base of precedents; formation of solutions in unique or previously unrecorded situations. The structure of the information model of the precedent is formed on the example of programmed control of steel melting in the conditions of the oxygen-converter shop. It includes three sections: data on a specific situation in the control system, parameters of the selected control actions, and the obtained results of steel melting. An example of the formation of a control program for the process of preparation and execution of the forthcoming melting steel, based on the data of the preselected melting-precedent, in the conditions of a modern oxygen-converter shop has been developed.

Keywords: *automated control, complex technological objects, model approach, natural-model approach, typical situations, precedent method, CBR decision-making cycle, functional structure of the precedent management system, information model of the precedent, steel melting in an oxygen converter, control program for the upcoming melting, correction of precedent control decisions.*

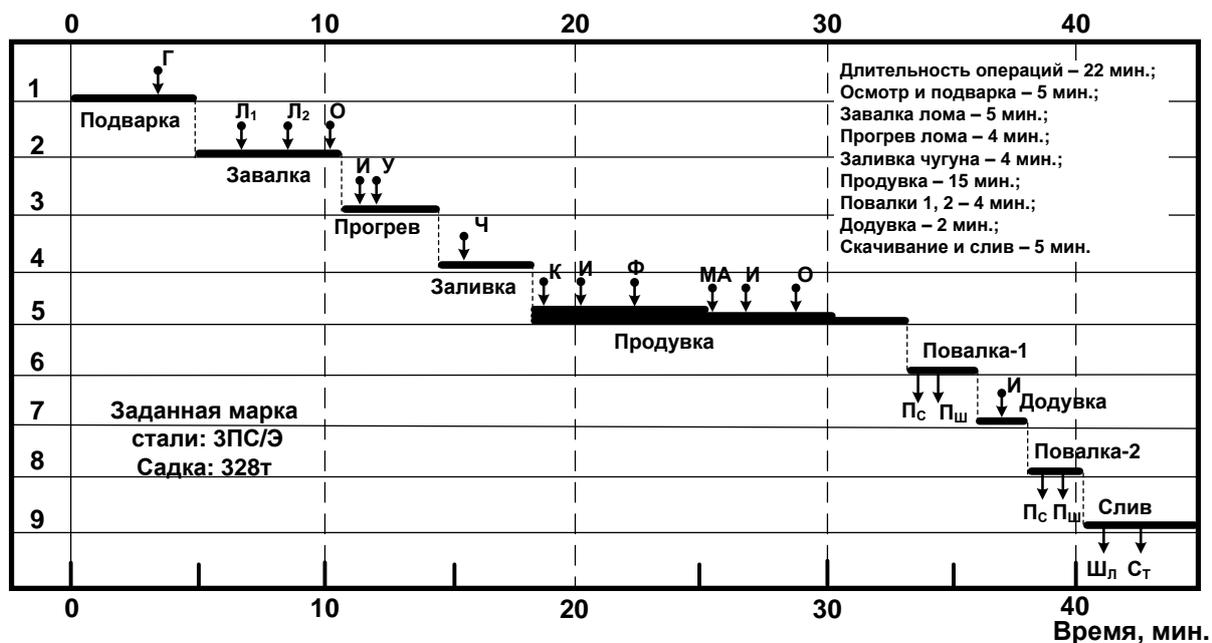
Введение

Программа управления предстоящей конвертерной плавкой стали представляет собой расписание работ (операций, действий), необходимых для осуществления процесса изготовления процесса изготовления в кислородном конвертере заданного количества (массы) жидкого стального расплава, химический состав и температура которого позволяют в дальнейшем, в установке внепечной обработки стали (УВОС) и (или) агрегате «ковш-печь» (АКП), получить требуемую марку стали. В программе должны быть указаны: заданная марка стали, необходимое содержание С, S, P в расплаве и его температура, наименования работ (операций), используемые материалы и их количества, предписанная (нормативная) продолжительность и распределение работ во времени, ситуационные изменения (корректировки) фрагментов программы в процессе ее реализации.

Исходными данными для разработки программы являются: дата и номер предстоящей плавки, задание на марку стали и массу стального расплава, химсостав и температура жидкого чугуна, химсостав металлолома, заданный химсостав и температура расплава, требуемая основность шлака, параметры шлакообразующих, легирующих, углеродсодержащих, охлаждающих, раскисляющих твердых материалов, а также кислорода и азота.

Ввиду сложности технологического процесса, неполноты информации о параметрах лома, сыпучих материалов, наличия рисков отказа оборудования и удлинения межплавочных (подготовительных) перерывов, невыполнения задания по содержанию С, S, P и температуре расплава, а также основности шлака на момент повалки конвертера, программа управления выплавкой стали (ПУВС) должна содержать резервные фрагменты, учитывающие изменения по ходу плавки. В связи с этим целесообразно синтезировать основную (базовую) программу, состоящую из подпрограмм реализации работ (операций), которые соответствуют прогнозируемым условиям, и дополнить её резервными (ситуационными) подпрограммами, учитывающими возможные отклонения, появляющиеся в ходе реализации основной программы. Таким образом, программа управления плавкой должна быть многоструктурной (ситуационно-корректируемой).

Далее рассмотрим задачу построения программы управления производственным процессом выплавки стали, в её основном (наиболее надёжном) варианте, не затрагивая при этом задачу формирования ситуационных (корректирующих) подпрограмм. Структура основной программы укрупненно может быть представлена в виде известной диаграммы Генри Ганта, пример которой, построенный применительно к производственному процессу выплавки стали в кислородно-конвертерном цехе, показан на рисунке 1.



Обозначения: Г – гарнисаж; Л₁ – лом-легковес; Л₂ – лом-тяжеловес; О – окалина; И – известь; У – уголь; Ч – чугун жидкий; К – кокс; Ф – флюс; МА – марганцевый агломерат; П_с, П_ш – пробы стали и шлака; Ш – шлак; С_т – сталь; 1,2,3,...,9 – номера основных и вспомогательных операций, выполняемых сменной бригадой конвертерного цеха

Рисунок 1 – Пример программы операций ведения плавки стали в кислородном конвертере

1. Модифицированный СВР-цикл принятия управляющих решений

Концептуальной основой для создания прецедентных систем управления сложными технологическими или человеко-техническими комплексами является так называемый СВР-цикл принятия решений (Case-Based-Reasoning) [1], включающий 4 главных этапа:

- *извлечение* из базы знаний прецедента - известного случая принятия решения, исходные условия (ситуация) которого в максимальной степени соответствуют новой ситуации, для которой необходимо принять новое решение;
- *повторное использование* извлеченного прецедента, включая решение, которое в нем содержится;
- *коррекция прецедентного решения*, если это необходимо в связи с неполным совпадением прецедентной и текущей ситуации;
- *сохранение* в базе знаний вновь принятого решения как составной части нового прецедента.

Использование названной концепции применительно к эргатическим системам управления сложными техническими и организационными объектами, в которых осуществляется регулярно повторяющийся процесс принятия и реализации управляющих решений (в виде изменения расхода энергоносителей, режимных параметров агрегатов или в виде нормативов, заданий, расписаний, календарных планов), требует существенно переосмысления сущности известной модели СВР-цикла, её углубленной проработки и детализации, а также решения дополнительных исследовательских задач. Прежде всего необходимо модифицировать и конкретизировать структуру прецедентного цикла принятия решений с учётом специфики систем управления сложными объектами. В нашем случае такими объектами являются подразделения кислородно-конвертерного цеха. Эти вопросы частично рассмотрены в публикациях, предшествующих конференции [2,3,4].

Современное представление СВР-цикла в эргатических системах управления показано на рисунке 2.

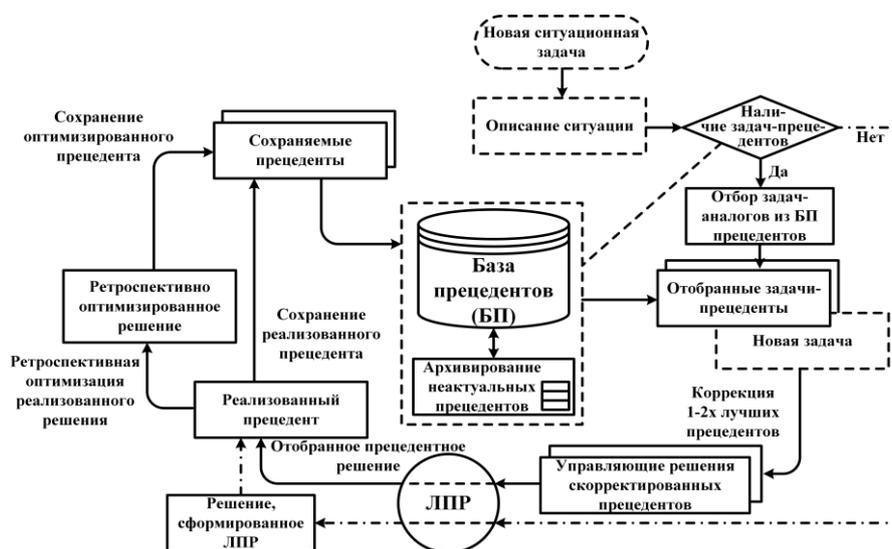


Рисунок 2 – Модифицированный цикл выработки и реализации управляющих решений применительно к системе управления сложным технологическим объектом

Оно отличается от классического СВР-цикла следующими компонентами:

- наличием в цикле выработки и реализации управлений лица, принимающего решения (ЛПР), которое позволяет не только отбирать оптимальные (из числа хранящихся в базе знаний прецедентов), но и формировать оригинальные решения для уникальных и редко встречающихся ситуаций;
- использованием алгоритмов автоматического поиска одного-двух оптимальных прецедентов, а также алгоритмов коррекции этих прецедентов с учётом обнаруженных отличий новой и прецедентных ситуаций в системе управления;
- применением алгоритма ретроспективной оптимизации фактически реализованных управляющих решений (перед их размещением в базе прецедентов) в тех случаях, когда в решениях (post factum) обнаруживаются дефекты, недостатки;
- наличием подсистемы актуализации базы прецедентов, путём архивирования и удаления устаревших прецедентов, при их чрезмерном накоплении;
- применением технологических и экономических показателей при формализации и алгоритмизации задачи отбора оптимальных прецедентов, в частности при разработке критериев оптимальности и ограничений.

2. Информационная модель прецедента и функциональная схема программного управления плавкой стали в кислородно-конвертерном цехе

Для решения задач, предусмотренных модифицированным СВР-циклом, применительно к управлению производственным процессом выплавки стали, необходимо построить информационную модель прецедента, под которым будем понимать выполненный комплекс работ (действий персонала сталеплавильного цеха), результатом выполнения которого являются основные и побочные продукты с требуемыми характеристиками. Информационная модель названного комплекса работ должна включать 3 раздела:

- информационную модель (базу данных) – 1, характеризующую ситуацию в системе управления производством работ, сложившуюся на момент принятия решения, т.е. построения программы подготовки и ведения работ для предстоящей плавки стали;
- информационную модель (базу данных) – 2, включающую данные о планируемых управляющих воздействиях, которые должны быть реализованы в процессе выполнения комплекса работ;
- информационную модель (базу данных) – 3, содержащую сведения о полученных результатах работ, т.е. данные о количестве и параметрах основной и побочной продукции, а также о достигнутых технико-экономических показателях.

На рисунке 3 приведены основные элементы информационной модели комплекса

работ, связанного с подготовкой и ведением плавки стали в кислородном конвертере.

Соответствующая рисункам 2, 3 функциональная структура системы прецедентного управления показана на рисунке 4.

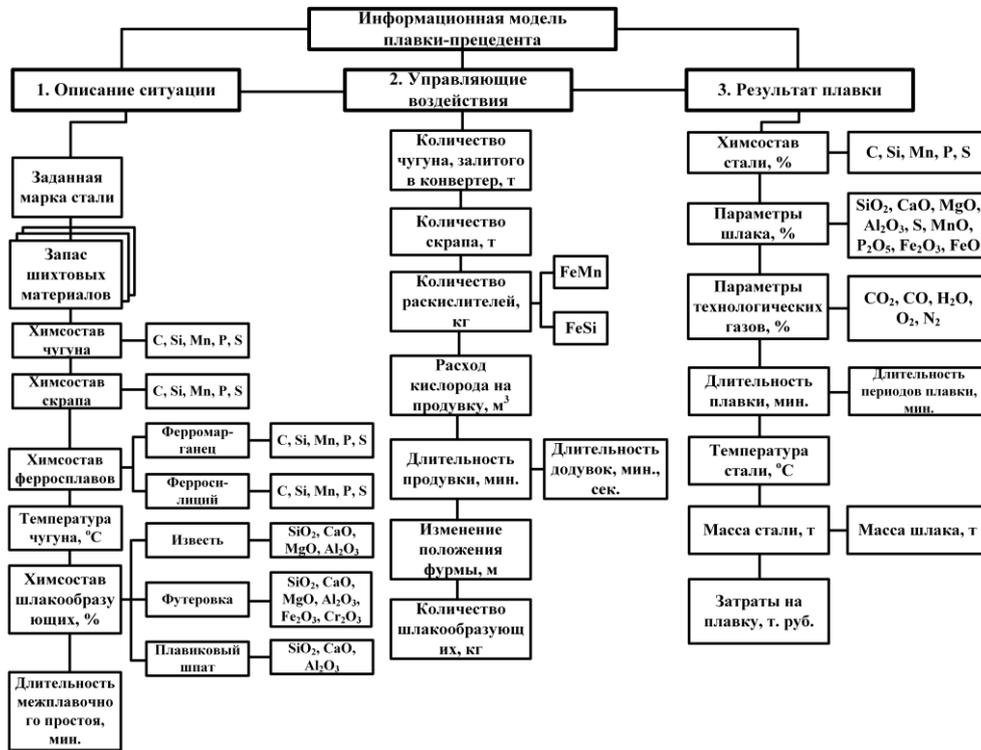
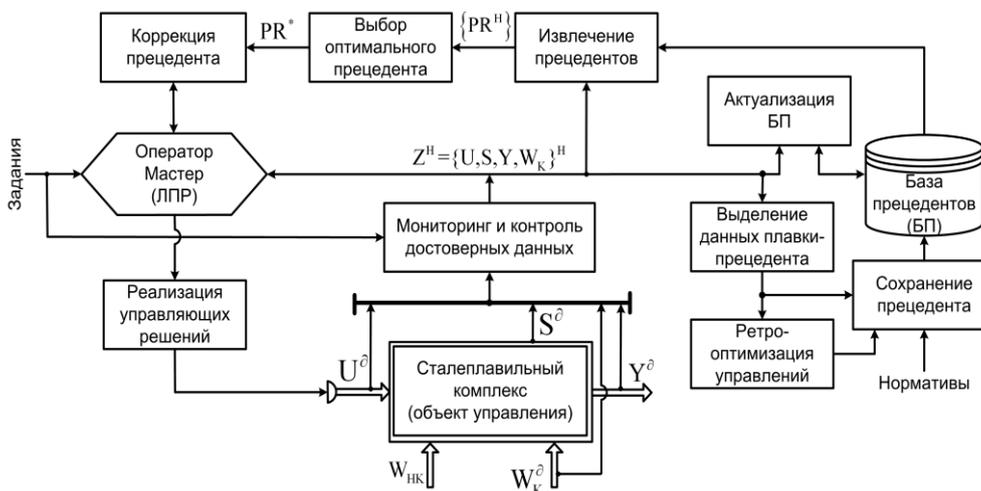


Рисунок 3 – Основные компоненты информационной модели прецедента



Обозначения: Y^δ , S^δ , U^δ , W_{HK}^δ , W_K^δ – действительные векторы выходных воздействий, параметров состояния комплекса, управляющих воздействий, неконтролируемых (нк) и контролируемых (к) внешних воздействий соответственно; $Z^H = \{U, S, Y, W_K\}^H$ – натурные цифровые данные об управлениях, состояниях, выходах, контролируемых воздействиях; $\{PR^H\}$ – натурные данные о плавках-прецедентах; PR^* – оптимальный прецедент

Рисунок 4 – Углубленная функциональная структура системы прецедентного управления плавкой стали

Представленная система должна быть интегрирована с действующей АСУТП выплавки стали в кислородном конвертере. Цифровые данные о ситуации в системе управления, о реализованных управляющих воздействиях и результатах конкретной плавки стали формируются подсистемой мониторинга и передаются в подсистему формирования паспорта плавки и базу прецедентов. Операции выбора и коррекции оптимального прецедента для предстоящей плавки стали выполняются при участии мастера конвертера и машиниста дистрибьютера. Затраты их рабочего времени на выполнение данной функции занимают не более 3^х-5^{ти} минут, т.к. первичные данные для этих задач формируются автоматически в режиме реального времени и варианты принимаемого решения отображаются в форме советов (рекомендаций).

3. Пример построения прецедентной программы подготовки и ведения плавки стали в кислородном конвертере

В таблице 1 показан пример построения программы управления предстоящей плавкой стали на основе данных информационной модели выбранной плавки-прецедента.

Таблица 1 - Пример определения параметров программы шихтовки и ведения плавки стали в кислородном конвертере

п/п	Наименование параметра плавки стали	Номер плавки	Дата плавки	Номер конвертера	Заданная марка стали	Код способа разлива стали	Межплавочный простой [час:мин:сек]			
1	Плавка-прецедент	...568	15.09.18	4	Ст3пс/э	0	0:09:59			
2	Данные предстоящей плавки стали	...584	16.09.18	4	Ст3пс/э	0	0:26:56			
п/п	Параметры жидкого чугуна						Параметры лома			
	Вес чугуна, т.	Температура, °С	Si, %	Mn, %	S, %	P, %	Вес лома, т.	Количество совков	Масса лома 1-го сорта, т.	Масса лома 2-го сорта, т.
1	255,1	1338	0,28	0,38	0,055	0,07	93	2	42,4	50,6
2	План	1377	0,45	0,41	0,02	0,069	Программа			
	Факт						Факт			
	255						93	2	42,4	50,6
	256,4						94,8	2	57	37
п/п	Длительность нагрева [час:мин:сек]	Расход O ² на нагрев, м ³	Расход угля, т.	Длительность продувки [час:мин:сек]	Длительность додувки [час:мин:сек]	Расход на продувку, м ³	Расход извести, т.	Расход известняка, т.	Расход флюса, т.	
1	00:06:51	2386	3,08	00:20:15*	00:00*	17265	11,52	0,53	4,07	
2	Программа / Факт									
	10:37*	3702*	4,8*	20:15	00:00	17265	11,52	0,53	4,07	
	06:17	2200	3,08	18:18	01:44	17443	14,11	0	4,11	

Продолжение таблицы 1

п/п	Расход флюса ФМ, т	Данные на повалке						Содержание FeO, %
		Основность шлака	Расход O ² на плавку м ³	Содержание Al ₂ O ₃ , %	Содержание C, %	Содержание CaO, %	Содержание MgO, %	
1	0,99	2,51	19651	1,79	0,039	26,4	11,3	43,1
2	Программа / Факт							
	0,99	2,51	19651	1,79	0,039	26,4	11,3	43,1
	0,99	2,3	19643	2,58	0,048	26	8,2	42,6

п/п	Данные на повалке									
	Содержание P, %	Содержание Mn, %	Содержание MnO, %	Содержание P ₂ O ₅	Содержание S, %	Содержание SiO ₂ , %	Содержание TiO ₂ , %	Содержание V ₂ O ₅ , %	Температура, °C	Длительность плавки, [час:мин:сек]
1	0,006	0,064	4,62	1,08	0,043	10,5	0,56	0,86	1627	0:46:38
2	Программа / Факт									
	0,006	0,064	4,62	1,08	0,043	10,5	0,56	0,86	1627	49:24*
	0,004	0,045	4,68	0,99	0,034	11,3	0,9	1,12	1586	46:38

В строке 1 таблицы 1 представлены данные плавки-прецедента, которая по времени выполнения отстоит от предстоящей плавки менее чем на сутки и совпадает с ней по заданной марке стали. В строке 2 показаны фактические данные о химсоставе чугуна, длительности межплавочного простоя предстоящей плавки, а также планируемые (на базе прецедента) параметры. Для сравнения, в этой же строке, приведены фактические значения параметров шихтовки и ведения плавки технологами цеха, которые не имели возможности учитывать рекомендуемую программу управления данной плавкой. Вследствие последнего фактически реализованная программа ведения плавки имеет следующие недостатки:

- плавка №...584 проведена с додувкой продолжительностью 1 мин. 44 сек.;
- температура металла по окончании плавки (1536 °C) была существенно ниже нормы, которая должна быть не менее 1600 °C;
- основность шлака (2,3) была существенно ниже нормы, равной 2,5.

При формировании программы на основе плавки-прецедента некоторые параметры прецедента были скорректированы с учетом исключения додувки (длительностью 1 мин. 7 сек.) и компенсации значительного межплавочного простоя (продолжительностью 26 мин. 56 сек.). Измененные значения параметров отмечены в строках 1,2 звездочкой.

Длительность продувки $T_{\text{пд}}$ и расход кислорода $V(O_2)_{\text{пд}}$ на продувку корректировались с учетом продолжительности додувки $T_{\text{дд}}$ и расхода кислорода $V(O_2)_{\text{дд}}$ на додувку.

$$T_{\text{пд}}^* = T_{\text{пд}} + T_{\text{дд}}; V^*(O_2) = V(O_2)_{\text{пд}} + V(O_2)_{\text{дд}}, \quad (1)$$

Расход угля G_Y и кислорода $V(O_2)_{\text{пг}}$ на подогрев металлолома (для компенсации межплавочного простоя $\tau_{\text{мп}}$ конвертера) корректировались следующим образом:

$$G_Y^* = \begin{cases} \left[G_Y \times \frac{\tau_{\text{мп}}^{\text{пр}}}{\tau_{\text{мп}}} \right], & \text{если } [\cdot] \leq G_Y^{\text{MAX}}, \\ G_Y^{\text{MAX}}, & \text{если } [\cdot] > G_Y^{\text{MAX}}, \end{cases} \quad (2)$$

$$V^*(O_2)_{\text{пд}} = V(O_2)_{\text{пд}} \frac{G_Y^*}{G_Y}, \quad (3)$$

$$T_{\text{пг}}^* = T_{\text{пг}} \frac{V^*(O_2)}{V(O_2)}, \quad (4)$$

где G_Y^* , $V^*(O_2)_{\text{пд}}$, $T_{\text{пг}}^*$ – скорректированные расход угля, кислорода и длительность подогрева металлолома;

$\tau_{\text{мп}}^{\text{пр}}$, $\tau_{\text{мп}}$ - длительность межплавочного простоя для предстоящей и precedentной плавки соответственно; G_Y ,

G_Y^{MAX} – precedentный и максимально допустимый $G_Y^{\text{max}} = 4,8\text{т}$ расход угля на подогрев.

Длительность плавки в целом $T_{\text{пл}}$ скорректирована с учетом увеличения precedentной длительности $T_{\text{пг}}$ подогрева металлолома:

$$T_{\text{пл}}^* = T_{\text{пл}} + (T_{\text{пг}}^* - T_{\text{пг}}) \quad (5)$$

Моделирование алгоритма выбора оптимального precedentа и его коррекции (при наличии дефектов) показало, что затраты времени на его реализацию (при взаимодействии с мастером и оператором дистрибутора) на современных компьютерах не превышают 3-5 минут. Первичные данные для решения задачи построения программы управления предстоящей плавкой стали формируются по ходу выполнения текущей плавки в режиме реального времени. В этот же период решаются задачи поиска лучших плавко-precedентов и шихтовки предстоящей плавки. Полностью формирование новой программы управления заканчивается во время завершения (выпуска) текущей плавки и оценки состояния конвертера.

Эффективность вышеизложенного подхода к управлению процессом выплавки стали в кислородном конвертере обеспечивается реализацией идеи непрерывного улучшения управлений, когда новое управляющее решение формируется на основе ситуационно выбранного наилучшего из ранее реализованных аналогичных решений-precedентов. При этом важное значение имеет подбор метрик качества precedentов. В частности, весьма полезно при управлении процессом выплавки стали включить в информационную модель precedentа показатель – затраты на выполнение конкретной плавки.

Выводы

Выполнен анализ известных подходов и методов управления сложными металлургическими агрегатами. Изложена идея нового (по отношению к системам управления сложными агрегатами и комплексами) precedentного метода online-накопления и использования опыта принятия управляющих решений в эргатических (человеко-машинных) системах управления. Разработан модифицированный цикл выработки и реализации управляющих решений и соответствующая ему функциональная схема системы управления агрегатами циклического действия. Применительно к управлению плавкой стали в

конвертере представлены основные компоненты информационной модели прецедента и пример формирования программы управления предстоящей плавкой на основе данных прецедентной плавки. Отмечена более высокая эффективность управления предстоящей плавкой стали на основе прецедента.

Библиографический список

1. 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.

2. 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.).

3. 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.

4. Системы управления сложными технологическими объектами с накоплением опыта выработки управляющих воздействий / С. М. Кулаков, М. В. Ляховец, Р. С. Койнов, Е. Н. Тараборина // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве AS`2019 : труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2019. – С. 9-16. – URL: <http://library.sibsiu.ru>.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	5
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ Мышляев Л.П., Ивушкин К.А.	7
ЦИФРОВИЗАЦИЯ СРЕДСТВ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПАО «ММК» Спирин Н.А., Лавров В.В., Гурин И.А., Рыболовлев В.Ю., Краснобаев А.В., Шнайдер Д.А.	12
СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИКОЙ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ Чичерин И.В., Федосенков Б.А.	19
ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ В УСЛОВИЯХ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ Чичерин И.В., Федосенков Б.А.	25
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДСТОЯЩЕЙ ПЛАВКОЙ СТАЛИ В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ Кулаков С.М., Койнов Р.С., Тараборина Е.Н., Квашнин К.В.	31
СЕКЦИЯ 1 АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ	41
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С УПРАВЛЯЕМЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ В ЦЕПИ РОТОРА Островлянчик В.Ю., Кубарев В.А., Маршев Д.А., Поползин И.Ю.	43
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МРС-РЕГУЛЯТОРА Колодин А.А., Ёлшин В.В., Овсяков А.Е.	50
ОБ АЛГОРИТМАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ МНОГОМЕРНЫМИ СТАТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ Ликсонова Д.И., Медведев А.В.	54
СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ ИЗ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ Никитенко М.С., Кизилев С.А., Худоногов Д.Ю., Верховцев Д.О., Корец Д.М.	59
К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ РАССТАНОВКИ ЧЛЕНОВ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНЫХ КОМАНД НА ШАХТАХ Койнов Р.С., Ляховец М.В., Комаров В.В., Гурьянов П.С.	64

КОМПЕНСАЦИЯ ЭФФЕКТА ЗАТЕНЕНИЯ БАШНИ ВЕТРОУСТАНОВОК СРЕДСТВАМИ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ Чепига А.А., Юсеф А.	69
ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЗАФИКСИРОВАННЫХ СОБЫТИЙ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА И ТРАНСПОРТА НА ШАХТАХ Койнов Р.С., Ляховец М.В., Комаров В.В., Гурьянов П.С.	73
РЕЗЕРВИРОВАНИЕ СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ АСУТП ОФ «ШАХТА №12» НА ОСНОВЕ СОЗДАНИЯ КЛАСТЕРА ВЫСОКОЙ ДОСТУПНОСТИ Кулюшин Г.А., Грачев В.В., Раскин М.В., Иванов Д.В., Макаров Г.В.	78
АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЛОЧНО-СИНХРОННОГО КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГАЗОУГОЛЬНОМ РАСТВОРЕ Немцев А.Ю., Калашников С.Н.	84
ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ УЗЛА В СЕТЕВОЙ СТРУКТУРЕ Грачев А.В.	90
О КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ «INDUSTRIAL 4.0» Исаев Э.В., Михайлова О.В.	93
УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЯ Гусев С.С.	97
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ Кожевников А.А.	106
О РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНА РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ Ефимов Н.Ю.	113
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНОМ ГЕОМАССИВЕ ПРИ ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК Павлова Л.Д., Петрова О.А., Фрянов В.Н.	116
СЕКЦИЯ 2 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	123
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ОФ «ШАХТА №12» НА БАЗЕ ПАКЕТА AVEVA SYSTEM PLATFORM 2017 Иванов Д. В., Мышляев Л.П., Кулюшин Г.А., Коровин Д.Е., Грачев В.В.	125
О КОРРЕКТНОСТИ РАСЧЕТА СОСТАВА И СВОЙСТВ КОНЕЧНОГО ШЛАКА В АРМ ТЕХНОЛОГА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ Спирин Н.А., Гурин И.А., Лавров В.В., Щипанов К.А.	130

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ СОСТАВА И СВОЙСТВ КОНЕЧНОГО ШЛАКА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ Спирин Н.А., Гурин И.А., Лавров В.В., Щипанов К.А.	134
ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ СОСТАВА И ОБЪЕМА ГОРНОЙ МАССЫ В ПРОЦЕССЕ ВЫПУСКА ИЗ ПОДКРОВЕЛЬНОЙ ТОЛЩИ Кизилов С.А., Никитенко М.С., Никитенко С.М.	140
УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИЕЙ СТАЛЬНЫХ СВАРНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПО КРИТЕРИЮ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ Веревкин В.И., Веревкин С.В.	146
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ТЯЖЕЛОСРЕДНОГО ГИДРОЦИКЛОНА КАК КОМПОНЕНТА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРОИЗВОДСТВА Скударнова Н.В., Макаров Г.В., Свинцов М.М.	151
ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В АСУТП ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ Загидулин И.Р., Саламатин А.С., Макаров Г.В., Коршунов С.Ю.	155
ОПТИМИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛИСТОПРОКАТНОГО ЦЕХА Фастыковский А.Р., Кадыков В.Н., Мусатова А.И.	159
ПРИНЦИПЫ ВЕЙВЛЕТ-УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ДОЗИРОВАНИЯ В СМЕСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ Федосенков Д.Б., Сулимова А.А., Симикова А.А., Федосенков Б.А.	165
АЛГОРИТМИЗАЦИЯ СИТУАЦИОННОГО ОЦЕНИВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАКАЗОВ НА ПАРТИИ ПРОДУКЦИИ СТАЛЕПРОВОЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н.	171
РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ТАКТОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ СТАЛЕПРОВОЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н.	178
РАЗРАБОТКА АСУТП НАГРЕВА ЗАГОТОВОК В НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ Сазонова Г.А., Темнохудов Д.Р., Куликов Е.С.	187
ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА АНОДНОЙ МЕДИ Лисиенко В.Г., Чесноков Ю.Н., Лаптева А.В.	191
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ МЕХАНИЗМОВ НА ПРИМЕРЕ ГИДРОВОЗА КОКСОВОЙ БАТАРЕИ №1 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» Бабушкин С.В., Клевцов С.А.	194
ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ SCADA-СИСТЕМЫ GENESIS64 В УСЛОВИЯХ ОФ ООО СП "БАРЗАССКОЕ ТОВАРИЩЕСТВО" Коровин Д.Е., Грачев В.В., Мышляев Л.П., Раскин М.В., Пургина М.В.	197

ИТЕРАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ И АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СИСТЕМЫ, КАК КОМПОНЕНТЫ «УМНОГО ДОМА»	202
Гусев С.С.	
РАЗРАБОТКА АСУТП ВОДОСБРОСОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ	209
Темнохудов Д.Р., Куликов Е.С., Сазонова Г.А.	
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ	214
Исаев Э.В., Михайлова О.В.	
ПОСТРОЕНИЕ АСУТП НА БАЗЕ КОНЦЕПЦИИ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	220
Куликов Е.С., Сазонова Г.А., Темнохудов Д.Р.	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РИСКАМИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ	224
Сергушин К. В.	
РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ	228
Прищепа Я.И.	
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ КОВКИ МОДЕЛЬНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-КРЕМНИЙ	232
Прудников А.Н.	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЯ ПРИ НАСТУПЛЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	238
Гусев С.С.	
СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ В ЭЛЕКТРОННО- ЛУЧЕВОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ПЛАВКИ ОСОБОЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ	246
Авдеев М.К., Девярых Е.А.	
СЕКЦИЯ 3 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО И СОЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	251
ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЙ	253
Клеванский Н.Н., Красников А.А., Петрова Т.Ю.	
ИНТЕРАКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ ДЛЯ ПОРТАЛА НЕПРЕРЫВНОГО МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ	260
Жилина Н.М., Чеченин Г.И., Власенко А.Е., Сизикова И.Л., Климантова И.П., Захарова Е.В., Якушева О.Н.	
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА SCHNEIDER ELECTRIC	263
Кубарев В.А., Аврангшоев А.Б., Кучик М.М., Сарсембин А.О., Галлямова О.Р.	

НОРМИРОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ В ЗАДАЧАХ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ	
Пронин С.Ю., Добрынин А.С.	268
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СКЛОННОСТИ К ПРОТИВОПРАВНОМУ ПОВЕДЕНИЮ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ	
Киндяков А.А., Каган Е.С.	274
РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПОРТАЛА НАУЧНОЙ БИБЛИОТЕКИ НФИ КЕМГУ	
Ткачева Е.А.	279
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АИС «ЭЛЕКТРОННАЯ ШКОЛА 2.0» ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ УЧРЕЖДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	
Федосов Н.В.	284
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ	
Резниченко Д. В.	286
СЕКЦИЯ 4 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИКИ	293
МЕТОДИКА И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ВЫБОРА И РАСЧЁТА СГЛАЖИВАЮЩИХ ФИЛЬТРОВ	
Гулевич Т.М., Брагин В.М., Макаров Г.В.	295
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И ТЕСТОВЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ	
Гулевич Т.М., Исаев Э.В.	302
О ПОВЫШЕНИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕДУРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ, СОДЕРЖАЩЕЙ МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ПРОЕКТЫ	
Каиркенов Х.К., Байдалин А.Д., Загидулин И.Р., Лейман А.Ф., Зимин В.В.	310
НЕЧЕТКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И ОБРАБОТКЕ СОЦИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	
Каган Е.С., Багдасарян В.А., Киндяков А.А.	316
МЕХАНИЗМ СТИМУЛИРОВАНИЯ ГИБКИХ ПРОЕКТНЫХ КОМАНД НА ОСНОВЕ ИТЕРАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА IT-ПРОЕКТА	
Пронин С.Ю., Добрынин А.С.	321
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА МУЛЬТИСИНУСОИДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ	
Новосельцева М.А., Гутова С.Г., Чуриков И.Ю.	325

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ НА КОСМИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ Казанцев М.Е., Попов А.С., Саламатин А.С.	331
ОБНАРУЖЕНИЕ СУЩЕСТВЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ МЕТОДАМИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ Караванов А.В., Кириченко В.Н., Михов Е.Д.	334
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СПОСОБОВ ПОСТРОЕНИЯ API НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НОМЕНКЛАТУРОЙ ТОВАРОВ С ПОМОЩЬЮ GRAPHQL Стрелков А.В., Истомина А.С.	339
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ИСХОДНОГО АУСТЕНИТА ЗЕРНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ EBSD Демьяненко Е.О., Истомина А.С., Карабаналов М.С., Корниенко О.Ю.	343
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ Киселева Т.В., Маслова Е.В., Бычков А.Г.	349
МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЦИФРОВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ЦИФР Стародубов А.Н.^{1,2}, Пылов П.А.²	354
РЕАКТОРЫ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ИХ РОЛЬ В СТАНОВЛЕНИИ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ Гусев С.С.	358
АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В СИСТЕМЕ «МЕДИАЛОГИЯ ИНЦИДЕНТ» Конюхова Е.С.	366
ОЦЕНИВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СТАЛИ В АГРЕГАТЕ КОВШ-ПЕЧЬ Гизатулин Р.А.	369
ОСОБЕННОСТИ СИТУАЦИОННО-НОРМАТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И НОРМ ВЫРОБОТКИ (НА ПРИМЕРЕ ОТДЕЛЕНИЯ МЕДНЕНИЯ МЕТИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА) Кулаков С.М., Мусатова А.И.	374
ОБЗОР ПРОГРАММ КЛАССА SIEM ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Барышникова К.В.	379
ВЫБОР ТАКТИКИ ВЕДЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ВНУТРИУТРОБНОЙ ИНФЕКЦИИ У НОВОРОЖДЁННОГО Власенко А.Е., Григорьева Е.Ю., Ренге Л.В., Лихачева В.В.	384

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ERP-СИСТЕМЫ SAP/R3 ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ Ефимова Н.С.	388
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ Булакина Е.Н., Моисеев В.В., Недзельская О.Н., Бикинеева А.Н., Кетов А.В., Почуфаров Д.О.	391
ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA. КАК АНАЛИЗИРУЮТ БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ Кокорев И.С.	398
ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВУМЕРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Бабушкина О.С., Калашников С.Н.	400
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИФфуЗИИ КОМПОНЕНТОВ АЛЮМИНИЕВОГО РАСПЛАВА В ЛИТЕЙНОМ МИКСЕРЕ Мартусевич Е.А., Калашников С.Н.	405

Научное издание

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2021**

**ТРУДЫ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

(с международным участием)

2 – 3 декабря 2021 г.

Под общей редакцией

д.т.н., проф. С.М. Кулакова,
д.т.н., проф. Л.П. Мышляева

Материалы докладов изданы в авторской редакции.

Подписано в печать 30.11.2021 г.

Формат бумаги 60x84 1/8. Бумага писчая. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 24,41. Уч.-изд. л 26,86. Тираж 300 экз. Заказ № 279

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