

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
*«Металлургия – 2022»***

***Труды
XXIII Международной научно-практической конференции***

23– 25 ноября 2022 г.

Часть 2

**Новокузнецк
2022**

Редакционная коллегия

д.т.н., академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., доцент А.Б. Юрьев,
д.т.н., профессор С.В. Коновалов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский, д.т.н., доцент Д.А. Чинахов,
к.т.н. Р.А. Шевченко, к.т.н., доцент О.А. Полях,
к.т.н. Е.Н. Темлянцева, д.т.н., доцент В.В. Зимин

М 540 Металлургия : технологии, инновации, качество : труды
XXIII Международной научно-практической конференции.
В 2 частях. Часть 2 / под общ. ред. А.Б. Юрьева, Сиб. гос. индустр.
ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2022. – 410 с. : ил.

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и практики металлургических процессов, технологий обработки материалов, автоматизации, ресурсо- и энергосбережения, экологии и утилизации отходов металлургического производства.

Конференция проводится ежегодно.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

АДМИНИСТРАЦИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА КУЗБАССА
ФГБОУ ВО «СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

АО «РУСАЛ-НОВОКУЗНЕЦК»

АО «КУЗНЕЦКИЕ ФЕРРОСПЛАВЫ»

АО «НЗРМК им. Н.Е. КРЮКОВА»

ЛЯОНИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ, Г. АНЬШАНЬ, КНР

ОАО «ЧЕРМЕТИНФОРМАЦИЯ»

ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ»

ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК СИБГИУ»

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «КУЗБАСС»

АО «КУЗБАССКИЙ ТЕХНОПАРК»

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНО-
ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА «АЛЮМИНЩИК»
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В МИКСЕРЕ
ЛИТЕЙНОГО ОТДЕЛЕНИЯ**

Мартусевич Е.А., Рыбенко И.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, science_nvkh@mail.ru)*

***Аннотация.** Производство алюминиевых сплавов остается одним из наиболее востребованных направлений в современной металлургии. При этом технологический процесс формирования алюминиевого расплава в электрических миксерах сопротивления литейного отделения напрямую зависит от качества добытого сырья, что определяет наличие избыточного количества корректирующих воздействий при формировании заданного химического состава в соответствии с портфелем заказов на предприятии. Многофакторность металлургического процесса непосредственно приводит к увеличению времени приготовления расплава, снижению производительности электрического миксера сопротивления и повышению затрат на единицу готовой продукции. Поэтому, совершенствование технологии и разработка оптимальных ресурсосберегающих режимов формирования алюминиевого расплава в электрических миксерах сопротивления с использованием инструментальной системы моделирования и оптимизации является актуальной научно-практической задачей современной металлургии.*

***Ключевые слова:** алюминиевые сплавы, алюминий-сырец, лигатуры, электрический миксер сопротивления, математическая модель, экономический эффект.*

**MATHEMATICAL MODEL AND SOFTWARE-INSTRUMENTAL
SYSTEM «ALYUMINSCHIK» FOR IMPROVING THE PROCESS OF
OBTAINING ALUMINUM ALLOYS IN A MIXER FOUNDRY
DEPARTMENT**

Martusevich E.A., Rybenko I.A.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, science_nvkh@mail.ru)*

***Abstract.** The production of aluminum alloys remains one of the most popular areas in modern metallurgy. At the same time, the technological process of forming aluminum melt in electric resistance mixers of the foundry department directly depends on the quality of the extracted raw materials, which determines the presence of an excessive number of corrective actions in the formation of a given*

chemical composition in accordance with the portfolio of orders at the enterprise. The multitasking and multifactorial nature of the metallurgical process directly leads to an increase in the melt preparation time, a decrease in the productivity of the electric resistance mixer and an increase in the cost per unit of finished product. As a result, the improvement of technology and the development of optimal resource-saving regimes for the formation of aluminum melt in electric resistance mixers is an urgent scientific and practical task of modern metallurgy.

Key words: aluminum alloys, raw aluminum, ligatures, electric resistance mixer, mathematical model, economic effect.

Технологический процесс формирования алюминиевого расплава в миксере относится к сложным многопараметрическим объектам и заключается в порционном добавлении алюминия-сырца из литейных ковшей в миксер с последующей корректировкой лигатурами и флюсами. Основная сложность получения алюминиевых сплавов заключается в постоянно меняющемся химическом составе алюминия-сырца [1]. В связи с этим получение алюминиевых сплавов заданного состава не имеет единого сценария приготовления и требует постепенного доведения формируемого алюминиевого расплава в миксере до заданного химического состава фактически «методом проб и ошибок».

Для решения задачи определения оптимальных режимов процесса формирования алюминиевого расплава в электрическом миксере разработана модель динамики изменения химического состава и температуры расплава при порционном смешивании первичного алюминия с последующей его обработкой лигатурами и флюсами, в том числе разработана модель диффузии компонентов расплава в ванне миксера. Модель динамики изменения химического состава и температуры расплава в миксере представлена в виде блок-схемы на рисунке 1.

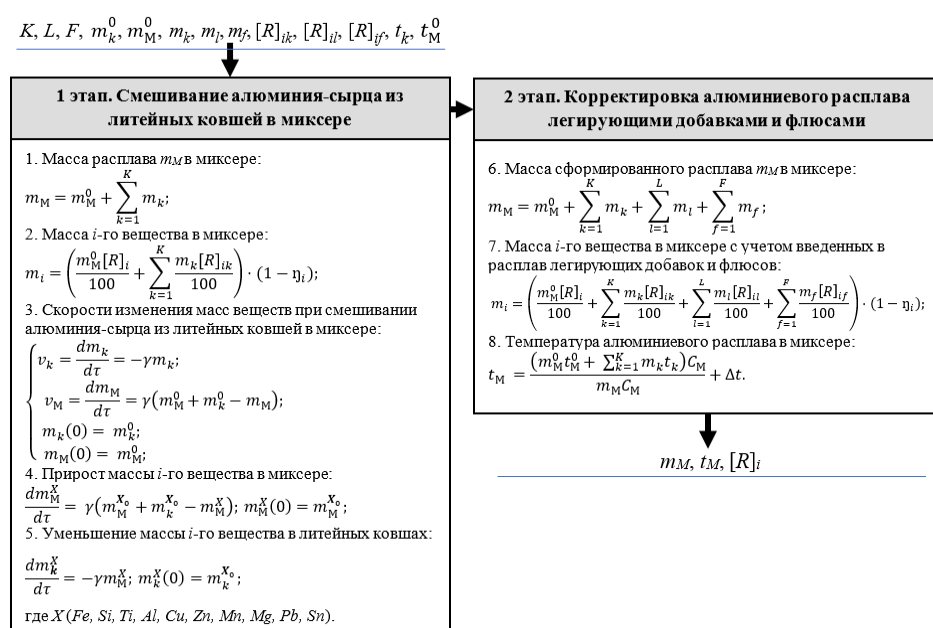


Рисунок 1 – Блок-схема математической модели процесса формирования алюминиевого расплава в миксере

В математической модели приняты следующие обозначения: K – количество литейных ковшей; L – количество применяемых лигатур; F – количество флюсов; m_M^0 – исходная масса расплава в миксере перед началом технологической операции формирования расплава, кг; m_M – текущая масса расплава в миксере, кг; m_k^0 – начальная масса расплава в k -ом литейном ковше, кг; m_k – текущая масса алюминия-сырца, поступающего из k -го литейного ковша, кг; m_i – масса i -го вещества в миксере, кг; m_l – масса l -ой лигатуры, добавляемой в алюминиевый расплав, кг; m_f – масса f -ого флюса, добавляемого в алюминиевый расплав, кг; $[R]_i$ – химический состав алюминиевого расплава в миксере, оставшегося с предыдущего технологического этапа плавки, %; $[R]_{ik}$ – химический состав алюминия-сырца в k -ом литейном ковше, %; $[R]_{il}$ – химический состав l -ой лигатуры, %; $[R]_{if}$ – химический состав f -ого флюса, %; η_i – коэффициент угара i -го элемента; v_k – скорость поступления алюминия-сырца из k -го литейного ковша, кг/с; v_M – скорость прироста массы расплава в миксере, кг/с; τ – текущее время, с; C_M – теплоемкость расплава в миксере, кДж/(кг·град); t_M – текущая температура алюминиевого расплава в миксере, °С; t_M^0 – исходная температура алюминиевого расплава в миксере перед началом смешивания алюминия-сырца, °С; t_k – температура алюминия-сырца в k -ом литейном ковше, °С; Δt – приращение температуры в миксере за счет нагревательных элементов, °С [2].

Математическая модель реализована в программном комплексе «Алюминщик», разработанном с использованием современных ИТ-средств и инструментов и позволяющем решать задачу оптимального соотношения расходов материалов с учетом имеющихся ограничений [3].

Программный комплекс «Алюминщик» (рисунок 2) предназначен для моделирования технологического процесса формирования алюминиевых сплавов в электрических миксерах сопротивления и повышения квалификации технологического персонала промышленных предприятий с целью уменьшения материальных, энергетических и других затрат [4, 5].

Структуру реализованной системы «Алюминщик» можно представить в виде блоков, позволяющих в интерактивном режиме вводить исходные данные по расходам, температуре, химическому составу исходных материалов и технологическим параметрам процесса, рассчитывать материальный и тепловой балансы, параметры перемешивания металла в миксере и определять оптимальные условия реализации процесса (рисунок 3).

С использованием математической модели и программного комплекса «Алюминщик» были проведены исследования технологического процесса формирования алюминия в миксере с учетом перемешивания расплава [6]. На рисунке 4 приведен пример динамики изменения концентраций компонентов формируемого расплава марки АВ88 при добавлении алюминия-сырца из восьми литейных ковшей в миксер через установленные промежутки времени τ .

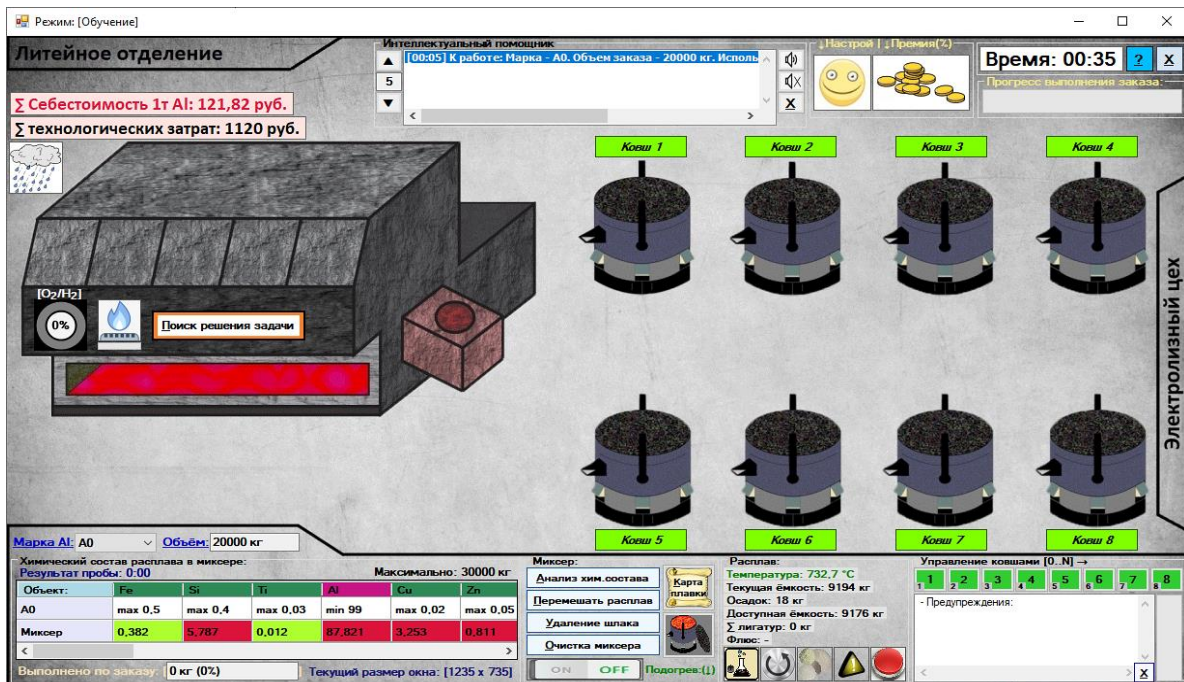


Рисунок 2 – Интерфейс программного комплекса «Алюминщик»

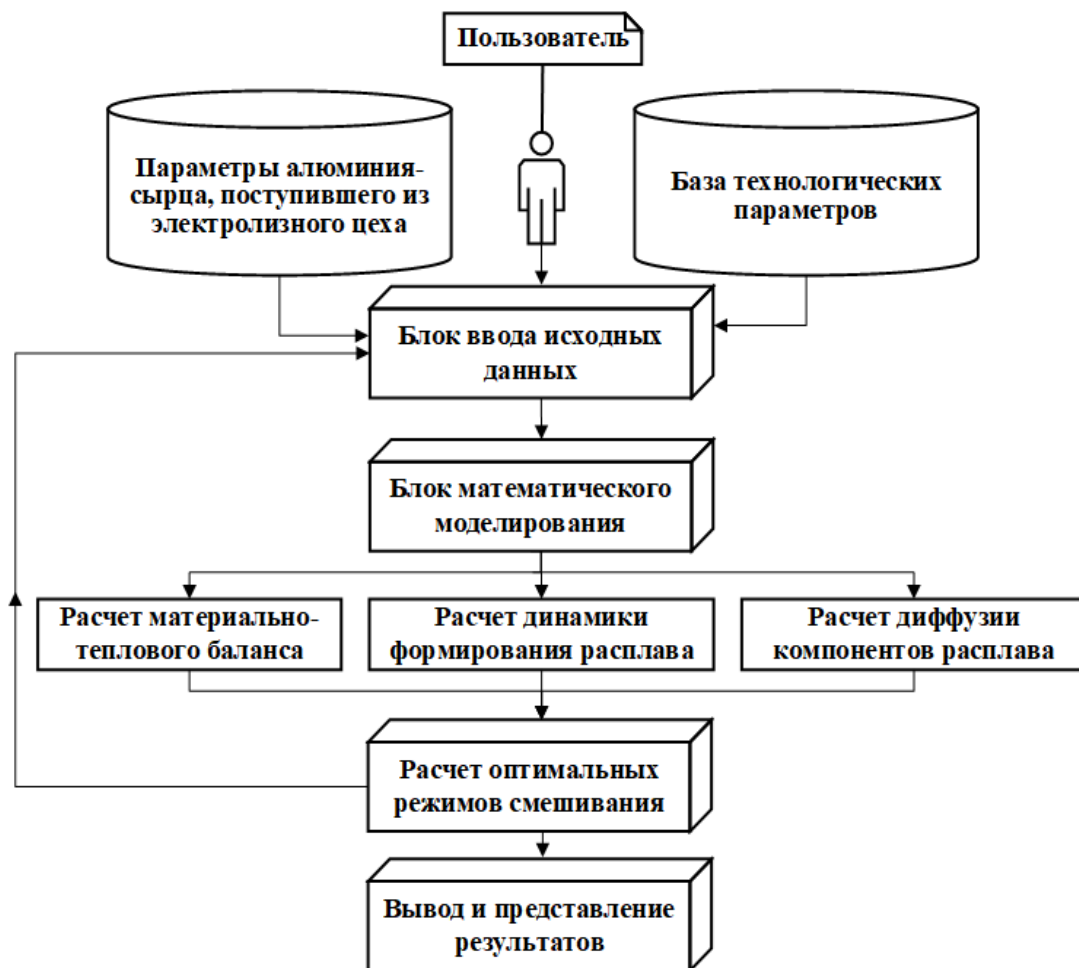


Рисунок 3 – Схема взаимодействия основных компонентов программного комплекса «Алюминщик»

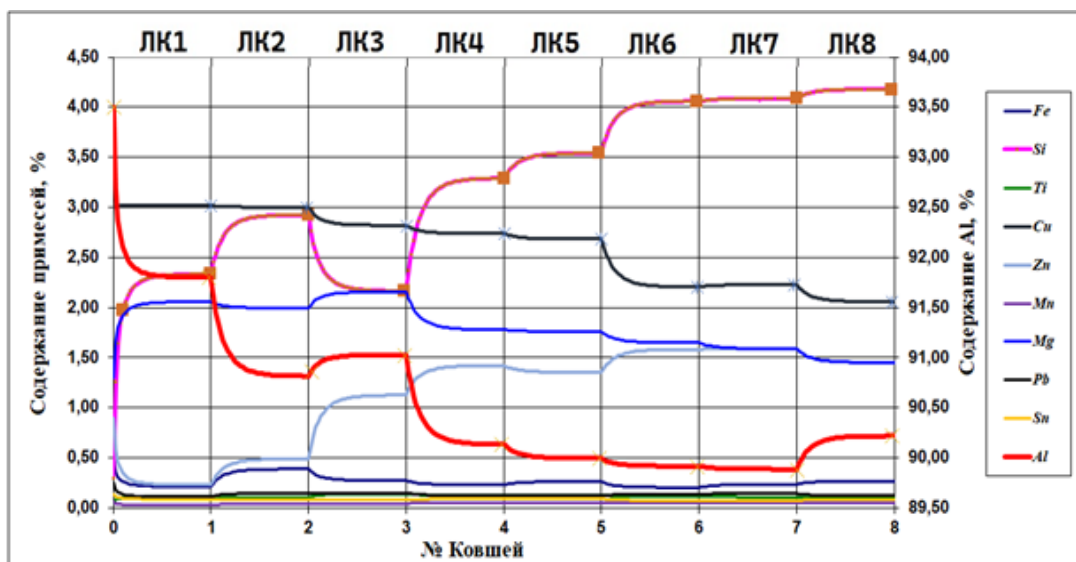


Рисунок 4 – Динамика изменения химического состава
алюминиевого расплава

С использованием программы «Алюминщик» проведены расчеты оптимальных режимов процесса по данным фактических паспортов плавки на примере десяти различных марок, реализованных на АО «РУСАЛ Новокузнецк».

Сравнительный анализ реальных технологических данных и полученных оптимальных результатов расчета, показал, что рассчитанные с использованием программного комплекса «Алюминщик» оптимальные режимы обеспечивают не только попадание в заданную марку, но и приводят к снижению затрат на единицу продукции.

Также за счет уменьшения времени на корректирующие операции сокращается общая продолжительность технологического этапа формирования алюминиевого сплава в электрическом миксере сопротивления, в результате чего повышается производительность агрегата и всего литейного отделения.

На рисунке 5 приведена гистограмма распределения временных затрат на технологическую операцию по фактическим и расчетным данным на примере 250 плавки, из которой видно, что время приготовления алюминиевого расплава с использованием оптимальных расчетов можно снизить на 15 – 20 мин, что приводит к повышению производительности миксера с 120 до 137 т/сут или с 39,4 до 44,9 т/год. Это позволит получить экономический эффект 40,7 млн. рублей для одного миксера в год.

Таким образом, разработанная система «Алюминщик», включающая в себя математическую модель и метод оптимизации, внедрена в производство и учебно-информационный центр АО «РУСАЛ Новокузнецк», а также на предприятии ООО «Полимет». Внедрение результатов работы в производство на АО «РУСАЛ Новокузнецк» позволило на 20 % уменьшить количество брака из-за некорректно принятых решений, снизить затраты на получение единицы продукции на 200 – 250 руб/т за счет рационального распределения материалов и уменьшить длительность технологической операции на 10 %.

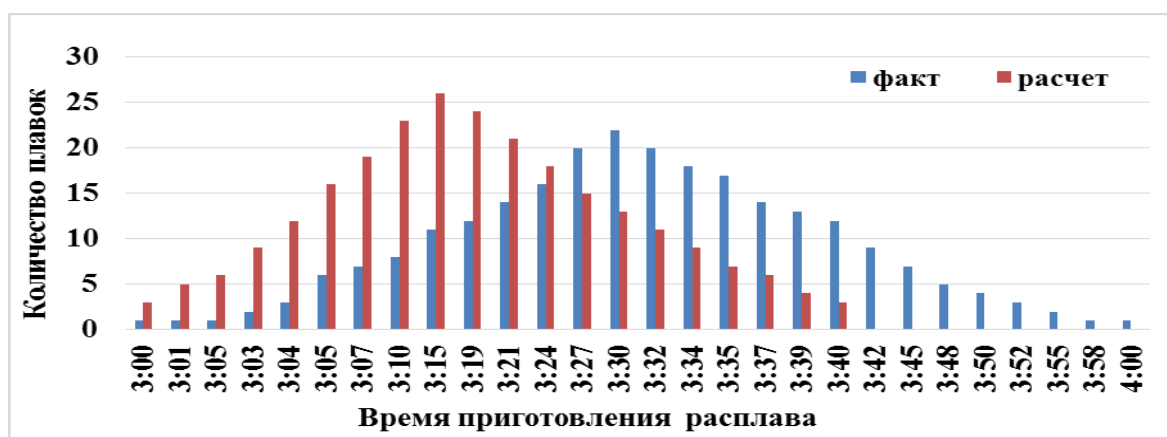


Рисунок 5 – Гистограмма распределения временных затрат на технологическую операцию по результатам 250 плавов

Апробация программного комплекса «Алюминщик» при приготовлении сплава марки АД31 на предприятии ООО «Полимет» также показало его высокую эффективность, позволило уменьшить длительность технологической операции на 10 % и снизить расход электроэнергии на 4 %.

Статья опубликована в рамках государственного задания (шифр темы 0809-2021-0013).

Библиографический список

1. Золоторевский, В. С. Металловедение цветных металлов. Алюминиевые сплавы / В. С. Золоторевский, Н. А. Белов. – М.: Изд-во «МИСиС». – 2000. – 147 с.
2. Шеметев, Г. Ф. Алюминиевые сплавы: составы, свойства, применение / Г. Ф. Шеметев. – СПб.: Изд-во «СПбПУ». – 2012. – 155 с.
3. Горенский, Б. М. Информационные технологии в управлении технологическими процессами цветной металлургии / Б. М. Горенский, О. В. Кирякова, С. В. Ченцов, Л. А. Лапина. – Красноярск: Изд-во «СФУ». – 2012. – 148 с.
4. Калашников, С. Н. Проектирование и реализация комплекса программ для моделирования технологического процесса формирования алюминиевых сплавов на основе объектно-ориентированного подхода / С. Н. Калашников, Е. А. Мартусевич, Е. В. Мартусевич, В. Н. Буинцев, И. А. Рыбенко // Вестник томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2021. – № 57. – С. 110–117.
5. Калашников, С. Н. Математическое моделирование действующего технологического процесса формирования алюминиевого расплава в миксере литейного отделения / С. Н. Калашников, Е. А. Мартусевич, Е. В. Мартусевич, И. А. Рыбенко // Вестник томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2021. – № 56. – С. 20–28.
6. Мартусевич, Е. А. Поиск решения технологических задач методом последовательной оптимизации / Е. А. Мартусевич, В. Н. Буинцев // Труды международной научно-практической конференции «Инновационные технологии научного развития». – 2017. – С. 100–104.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ	4
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НАПЛАВЛЕННЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ТЕПЛОТВОДА <i>Чинахов Д.А., Акимов К.О., Полегешко С.А.</i>	4
ВИХРЕВОЕ ТЕЧЕНИЕ В КАПЛЕ ПРИ ЭЛЕКТРОСВАРКЕ <i>Сарычев В.Д., Чинахов Д.А., Грановский А.Ю., Устюжанин С.В., Сарычев Д.В., Коновалов С.В.</i>	12
ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ НАПЫЛЕНИЯ НА СОСТАВ И МИКРОСТРУКТУРУ СПЛАВОВ AL-5SI, ПОЛУЧЕННЫХ ПУТЕМ АДДИТИВНОЙ ПЕЧАТИ МЕТОДОМ ДУГОВОЙ СВАРКИ <i>Су Ч., Коновалов С.В., Чэнь С., Хуанг Л.</i>	18
ИССЛЕДОВАНИЯ СВАРОЧНОГО ФЛЮСА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Михно А.Р., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Жуков А.В., Бендре Ю.В.</i>	22
ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПЛАВОВ А5М, ВТ-1, С2 ПОДВЕРГНУТЫХ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКЕ <i>Шляров В.В., Серебрякова А.А., Аксенова К.В., Загуляев Д.В., Устинов А.М.</i>	27
РАЗРАБОТКА НАПЛАВОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ SN-SB-CU ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ <i>Михеев Р.С., Калашников И.Е., Катин И.В., Быков П.А.</i>	35
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБШИРНОЙ ДИФфуЗИОННОЙ ЗОНЫ, СФОРМИРОВАННОЙ НА УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ В ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ <i>Шевчук Е.П., Плотников В.А., Макаров С.В.</i>	40
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Федоров В.В., Клименов В.А., Черепанов Р.О.</i>	49
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА AL-CO-CR-Fe-MN-Ni С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВОЙ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ <i>Осинцев К.А., Коновалов С.В., Иванов Ю.Ф., Громов В.Е., Панченко И.А., Воробьев С.В., Бессонов Д.А.</i>	56
КАВИТАЦИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ ИНТРЕМЕТАЛЛИДНОГО ГАЗОДЕТОНАЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Ti-AL <i>Яковлев В.И., Собачкин А.В., Логинова М.В., Мясников А.Ю., Барсуков Р.В.</i>	61
ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В УСЛОВИЯХ ДВУХСТРУЙНОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ НА СТРУКТУРУ И МИКРОТВЕРДОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ 45 <i>Чинахов Д.А., Рзаев Э.Д.</i>	70
ОСОБЕННОСТИ СПЛАВЛЕНИЯ, СТРУКТУРО- И ФАЗООБРАЗОВАНИЯ И СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ И ПРОВОЛОЧНЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Клименов В.А., Федоров В.В., Черепанов Р.О., Хань Ц., Стрелкова И.Л.</i>	80
ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОМ АДДИТИВНОМ ПРОВОЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	88
<i>Колубаев Е.А., Рубцов В.Е., Чумаевский А.В., Панфилов А.О., Зыкова А.П., Осипович К.С., Николаева А.В., Добровольский А.Р., Утяганова В.Р., Шамарин Н.Н., Никонов С.Ю.</i>	88

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ И РАДИУСА РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ИНСТРУМЕНТА НА ОБРАЗОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И МИКРОСТРУКТУРУ ПЕРИФЕРИЙНОЙ ЗОНЫ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ	
<i>Джигвишов В.Ф., Рзаев Э.Д.</i>	98
МИКРОСТРУКТУРА КЕРАМИКИ V_4C-CrV_2 , СИНТЕЗИРОВАННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА	
<i>Дик Д.В., Гудыма Т.С., Филипов А.А., Крутский Ю.Л.</i>	107
ПОВЕРХНОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ И СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ ШВОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА И ФД-УФС	
<i>Крюков Р.Е., Михно А.Р., Жуков А.В., Бендре Ю.В.</i>	114
ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ПОЛЗУЧЕСТИ И МИКРОТВЕРДОСТИ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО СВИНЦА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ С ИНДУКЦИЕЙ 0,5 ТЛ	
<i>Серебрякова А.А., Загуляев Д.В., Шляров В.В.</i>	121
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕДИ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ С ОСНОВОЙ МЕТАЛЛА ПРИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ ОБРАБОТКЕ	
<i>Будовских Е.А., Романов Д.А., Филяков А.Д., Бащенко Л.П., Ионина А.В.</i>	126
ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА ПУТЕМ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНО СОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОШОК ТИТАНА	
<i>Киселев П.В., Комаров А.А., Михно А.Р., Дробышев В.К.</i>	131
ОБ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ТУГОПЛАВКИХ БЕСКИСЛОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМАХ V_4C-MeV_2 ($Me = Ti, Cr, Zr$)	
<i>Гудыма Т.С., Крутский Ю.Л., Крутская Т.М., Дик Д.В., Шестаков А.А., Апарнев А.И., Логинов А.В.</i>	138
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ КЕРАМИКИ ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ	
<i>Непочатов Ю.К., Плетнев П.М.², Гудыма Т.С.</i>	143
ПЕРСПЕКТИВЫ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫМ МАТЕРИАЛОМ МЕТОДОМ ЭШН	
<i>Быстров В.А.</i>	149
ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВА AL7075 ПОСЛЕ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ	
<i>Дробышев В.К., Михно А.Р., Панченко И.А., Лабунский Д.Н.</i>	158
СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Mo-Au	
<i>Филяков А.Д., Романов Д.А., Соснин К.В., Московский С.В.</i>	162
ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПРОКАТА ИЗ ОТБРАКОВКИ ЗАГОТОВОК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ	
<i>Уманский А.А., Симачев А.С., Думова Л.В.</i>	168

СЕКЦИЯ 4: РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА, ОХРАНА ТРУДА.....	176
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ УГЛЕОТХОДОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ <i>Шеховцов В.В., Скрипникова Н.К., Улмасов А.Б., Куниц О.А.</i>	<i>176</i>
ПРОВЕРКА ЗНАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА И КРИТЕРИИ ГОТОВНОСТИ РАБОТНИКА К БЕЗОПАСНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Чернов К.В.</i>	<i>182</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРИРОСТА МАССЫ ШИХТОВЫХ АГРЕГАТОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ БРИКЕТОВ <i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	<i>193</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БРИКЕТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ И СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ИЗБИРАТЕЛЬНОМУ СМЕШИВАНИЮ <i>Павловец В.М., Домнин К.И.</i>	<i>203</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ КОМПОЗИЦИЙ С МИКРОКРЕМНЕЗЕМОМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОГО СТЕКЛОКОМПОЗИТА <i>Скирдин К.В., Казьмина О.В.</i>	<i>211</i>
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗНЕЦКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА <i>Баженова Н.Н., Водолеев А.С., Гибадуллин Р.М.</i>	<i>219</i>
КЕДР КАК ОБЪЕКТ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Толстикова А.Ф., Баженова Н.Н.</i>	<i>227</i>
АГРОТЕХНИКА ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ <i>Водолеев А.С., Захарова М.А., Постельников В.Н., Ким В.И., Бондарев М.Р.</i>	<i>232</i>
СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОБИОМОНИТОРИНГА ПРИ КОНСЕРВАЦИИ СКЛАДИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Захарова М.А., Водолеев А.С., Лубенцева Ю.А., Толстикова А.Ф., Баженова Н.Н.</i>	<i>240</i>
ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ <i>Корнилов Д.А., Водолеев А.С., Грибкова Е.О., Гибадуллин Р.М., Конаков С.В.</i>	<i>247</i>
ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕГО ВОДНОГО РАСТЕНИЯ ЭЙХОРНИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДООЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗОВАННЫХ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Гашикова А.О., Михайличенко Т.А.</i>	<i>259</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. НОВОКУЗНЕЦКА И ВОЗМОЖНОСТИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ <i>Коноплев Д.Д., Коротков С.Г., Домнин К.И.</i>	<i>265</i>
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Вахтарова К.О., Михайличенко Т.А.</i>	<i>274</i>
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ АССОРТИМЕНТА И КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ТЕРМООБРАБОТКИ УГЛЕЙ <i>Мурко В.И., Карпенков В.И., Темлянцева Е.Н., Аникин А.Е.</i>	<i>279</i>
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ <i>Грибкова Е.О., Водолеев А.С., Гибадуллин Р.М., Конаков С.В., Корнилов Д.А., Макшанов Д.В.</i>	<i>289</i>

РОЛЬ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Волченкова О.А., Михайличенко Т.А.</i>	297
ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМОВ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ К АГЛОСИХТЕ <i>Урусов Д.Н., Михайличенко Т.А.</i>	306
РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ ЗА ПАРОГЕНЕРАТОРАМИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ТЭЦ ФИЛИАЛА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ГАЗООЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Големинов С.П., Михайличенко Т.А.</i>	314
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ <i>Павловец В.М.</i>	322
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОКОМКОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОЙ ШИХТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОКАТЫШЕЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ДОБАВКИ <i>Павловец В.М.</i>	329
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Романова В.А., Дробышев В.К.</i>	338
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА ВЗАИМОВОСТРЕБОВАННЫХ УСТАНОВОК С ЦЕЛЬЮ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА НА СТАДИИ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Филиппов В.А.</i>	344
СЕКЦИЯ 5: АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	352
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ПРИ МОНТАЖЕ ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ <i>Немчинова Н.В., Тузов А.В., Геройменко А.В., Анончук И.И.</i>	352
ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ С ЗАВИСИМЫМИ ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СВОЙСТВАМИ <i>Свинцов М.М., Скударнова Н.В., Ивушкин К.А., Макаров Г.В., Мышляев Л.П.</i>	358
ЗАДАЧА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ СО СТРУКТУРНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТЬЮ <i>Загидулин И.Р., Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Свинцов М.М.</i>	363
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Коровин Д.Е., Грачев В.В., Макаров Г.В., Кулюшин Г.А., Скударнова Н.В.</i>	369
МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КАНТОВАНИЯ УГОЛЬНОГО ВАГОНООПРОКИДЫВАТЕЛЯ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ "ПЧ-АД" <i>Клевицов С.А., Модзелевский Д.Е.</i>	376
СИСТЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ, ПРОГРАММНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ <i>Макаров Г.В., Мышляев Л.П., Чинахов Д.А., Ивушкин К.А.</i>	384
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕННОЙ ПУСКОНАЛАДКИ НА КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ <i>Кулюшин Г.А., Мышляев Л.П., Грачев В.В., Коровин Д.Е.</i>	391
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА «АЛЮМИНИШНИК» ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В МИКСЕРЕ ЛИТЕЙНОГО ОТДЕЛЕНИЯ <i>Мартусевич Е.А., Рыбенко И.А.</i>	400

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2022»

Труды XXIII Международной научно-практической конференции

Часть 2

Под общей редакцией А.Б. Юрьева

Технический редактор

Г.А. Морина

Компьютерная верстка

Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 16.11.2022 г.

Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 24,0 Уч.-изд. л. 26,4 Тираж 300 экз. Заказ № 296

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