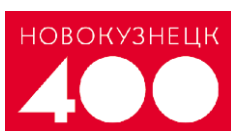


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ВК «Кузбасская ярмарка»



Посвящается 400-летию города Новокузнецка

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№3 - 2017

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Мышляев Л.П.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н. Палеев Д.Ю.,
д.т.н., проф. Домрачев А.Н., д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2017. - № 3. – 484 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 6-9 июня 2017 г).

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-05-20150

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР	13
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ	15
д.т.н. Фрянов В.Н., д.т.н. Павлова Л.Д., д.т.н. Темлянцев М.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
ЭКОНОМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГОЛЬНОГО И КАРБОНАТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГАЗООБРАЗНЫХ И ЖИДКИХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И ПРОДУКЦИИ НЕТОПЛИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	21
Жуков А.В., д.т.н. Жукова Ю.А., Звонарев М.И., к.т.н. Умаров М.С. Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия	
ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ В СФЕРЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР	26
¹ к.э.н. Месяц М.А., ¹ Борискина А.Н., ² Neogi Biswarup 1 - Кемеровский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», г. Кемерово, Россия 2 - JIS College of Engineering, Kolkata, W.B. India	
СОЗДАНИЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ В ПОРОДНОМ МАССИВЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ОТ ПОДСОСОВ ВОЗДУХА ИЗ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	32
д.т.н. Сердюков С.В., к.т.н. Шилова Т.В. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия	
ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО РЕАГЕНТА В ПОРОДНОМ МАССИВЕ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ, ИЗОЛЯЦИИ И ГИДРОРАЗРЫВА ГОРНЫХ ПОРОД	36
к.т.н. Шилова Т.В., д.т.н. Сердюков С.В. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН г. Новосибирск, Россия	
ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ДИСКРЕТНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ ОБ ОПОРНОМ ДАВЛЕНИИ В ПОЛОГОМ УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ	41
к.т.н. Клишин С.В., д.ф.-м.н. Ревуженко А.Ф. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия	
ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТКИ СВИТЫ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ	47
д.т.н. Серяков В.М. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия	
УСЛОВИЯ ПЕРЕХОДА ПОРОД КРОВЛИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА В ПРЕДЕЛЬНО НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ ВПЕРЕДИ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ.....	51
д.т.н. Черданцев Н.В. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
ОСОБЕННОСТИ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ПОДРАБАТЫВАЕМОГО МАССИВА ПРИ ВЫЕМКЕ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА	58
к.т.н. Козырева Е.Н., к.т.н. Шинкевич М.В. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
ГАЗОКИНЕТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ УГЛЕМЕТАНОВОГО ПЛАСТА ПРИ СОЗДАНИИ В НЕМ ТРЕЩИН ПОСРЕДСТВОМ НАГНЕТАНИЯ ФЛЮИДОВ	63
к.т.н. Плаксин М.С., Родин Р.И., Альков В.И. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ГАЗОПРОЯВЛЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ.....	67
к.т.н. Плаксин М.С., Рябцев А.А. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД	73
к.т.н. Абрамов И.Л. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОМАССИВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК НА СБЛИЖЕННЫХ ПЛАСТАХ.....	76
к.т.н. Цветков А.Б., д.т.н. Павлова Л.Д., д.т.н. Фрянов В.Н. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
УГЛЕВОДОРОДЫ И КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ В ПРОДУКТАХ ТЕРМОГИДРОЛИЗА САПРОПЕЛИТОВ КУЗБАССА.....	79
Рокосова В.Ю., к.х.н. Лапсина П.В., д.г.-м.н. Рокосов Ю.В., к.х.н. Рокосова Н.Н., к.х.н. Моисеев А.И., к.ф.-м.н. Созинов С.А. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
ЦЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В УГЛЯХ КУЗБАССА.....	85
д.т.н. Федорин В.А., к.г.-м.н. Нифантов Б.Ф., Аникин М.В., Борисов И.Л. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
АНАЛИЗ ВЫХОДА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ ИЗ УГЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ КЛАССА ПО ГОСТ 25543-2013	88
Васильева Е.В., д.х.н. Черкасова Т.Г., к.э.н. Субботин С.П., к.т.н. Неведров А.В., к.т.н. Папин А.В. Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия	
АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В РАЙОНЕ ГОРОДА ПОЛЫСАЕВО	91
д.т.н. Ремезов А.В. Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия	
ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЛЕКСНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ.....	96
¹ к.э.н., Новоселов С.В., ² д.т.н., Мельник В.В., ² д.т.н., Агафонов В.В. 1 - Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, г. Кемерово, Россия 2 – НИТУ «Московский институт стали и сплавов», г. Москва, Россия	
К ВОПРОСУ О ПОИСКЕ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА В СФЕРЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	102
Пахомова Е.О., к.э.н., Гоосен Е.В., д.э.н. Никитенко С.М. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
СОСТОЯНИЕ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА НА СТАДИИ ВЫБОРА ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ РЕГИОНОВ	109
^{1,2} д.э.н. Эдер Л.В., ^{1,2} д.э.н. Филимонова И.В., ¹ Немов В.Ю., ¹ к.э.н. Проворная И.В. 1 - Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия 2 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КРЕДИТНЫЙ ИНСТРУМЕНТ В СФЕРЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР	116
¹ Лебедь В.А., ² Misiti Jacopo, ³ Рожкова О.В. 1 - Кемеровский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Кемерово, Россия 2 - Университет города Тренто, Италия 3 - Государственный университет «Дубна», г. Дубна, Россия	
РЕСУРСЫ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО КУЗБАССА	119
д.г.-м.н. Гутак Я.М. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НОВОКУЗНЕЦКОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ	125
д.г.-м.н. Гутак Я.М.	

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия РАЗРАБОТКА ИЗНОСОСТОЙКОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ СИСТЕМЫ Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V ДЛЯ НАПЛАВКИ ДЕТАЛЕЙ ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	131
Осетковский И.В., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Кибко Н.В., д.т.н. Попова М.В., Гусев А.И. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ СИСТЕМЫ Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОРУДНОЙ И УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛЕЙ.....	135
Гусев А.И., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Кибко Н.В., д.т.н. Попова М.В., Осетковский И.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия НОВЫЕ СВАРОЧНЫЕ ФЛЮСЫ НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА ДЛЯ НАПЛАВКИ И СВАРКИ ПЕРЕКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ ШАХТНОЙ КРЕПИ.....	140
к.т.н. Крюков Р.Е., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Усольцев А.А., Козырева О.Е., Липатова У.И. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАБРЫЗГБЕТОНИРОВАНИЯ ТЕРМИТОН®» ДЛЯ ИНВЕСТОРА.....	148
¹ к.т.н. Волченко Г.Н., ² Ярыгин И.Г., ³ д.т.н. Фрянов В.Н. 1 - Сибирская инжиниринговая компания ООО «СИБКОМ», г. Новокузнецк, Россия 2 – Рекламное агентство ООО «Ярд Ярыгин Дизайн», г. Санкт-Петербург, Россия 3 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия АЛГОРИТМ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОСТОЕВ КОМПЛЕКСНО- МЕХАНИЗИРОВАННОГО ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ	153
¹ д.т.н. Домрачев А.Н., ¹ Риб С.В., ² к.т.н. Говорухин Ю.М., ² к.т.н. Криволапов В.Г. 1 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ГОРНЫХ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ВЫРАБОТКИ НА ПЛАСТАХ СЛОЖНОГО СТРОЕНИЯ	155
Риб С.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия СПОСОБ КОМПЛЕКСНОЙ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ.....	157
к.т.н. Черных Н.Г. АО «Гидроуглестрой», г. Новокузнецк, Россия О ТОЖДЕСТВЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА УГЛЕВОДОРОДОВ И РУДНЫХ ТЕЛ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ.....	161
к.т.н. Черных Н.Г. АО «Гидроуглестрой», г. Новокузнецк, Россия РЕСУРСНЫЕ РЕГИОНЫ: КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ	163
^{1,2} к.т.н. Каган Е.С., ^{1,2} к.э.н. Гоосен Е.В. ¹ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия ² Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия	
ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ.....	171
ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ ПОГРУЖНОГО ПНЕВМОУДАРНИКА ПРЯМОЛИНЕЙНО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ	173
чл.-корр. РАН, д.т.н. Клишин В.И., к.т.н. Тимонин В.В., к.т.н. Кокоулин Д.И., Алексеев С.Е., к.т.н. Кубанычбек Б. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПОРОД КРОВЛИ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ СОХРАНЯЕМОЙ ВЫРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ЕСАУЛЬСКАЯ»	177

¹ чл.-корр. РАН, д.т.н. Клишин В.И., ¹ к.т.н. Опрук Г.Ю., ¹ Телегуз А.С., ² Черноусов П.А., ² Николаев А.В.	
1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
2 – ООО «Шахта «Есаульская» ООО «Распадская угольная компания», г. Новокузнецк, Россия	
РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ	181
к.т.н. Патутин А.В., д.т.н. Сердюков С.В.	
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия	
РАСПОЗНАВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕДУКТОРОВ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	184
^{1,2} д.т.н. Герике Б.Л., ^{1,2} чл.-корр. РАН, д.т.н. Клишин В.И., ² Кузин Е.Г.	
1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
2 – Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия	
РАСПОЗНАВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ В РЕДУКТОРАХ ГОРНЫХ МАШИН	192
д.т.н. Герике Б.Л., Мокрушев А.А.	
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
ПОВОРОТНЫЙ КОВШ ЭКСКАВАТОРА ДЛЯ БЕЗВЗРЫВНОЙ ВЫЕМКИ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ	197
к.т.н. Лабути В.Н.	
Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия	
ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ	201
д.т.н. Малафеев С.И., к.т.н. Коняшин В.И.	
ООО Компания «Объединенная Энергия», г. Москва, Россия	
КАЛОРИФЕРЫ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРУБ, ОРЕБРЕННЫХ ПО МЕТОДУ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО РЕЗАНИЯ	206
¹ д.т.н. Зубков Н.Н., ² д.э.н. Никитенко С.М.	
1 – Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия	
2 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСА И ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ БУРОВЫХ РЕЗЦОВ, ОСНАЩЕННЫХ ВСТАВКАМИ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	211
д.т.н. Дворников Л.Т., к.т.н. Корнеев В.А., Корнеев П.А.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРКА ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	217
^{1,2} д.т.н. Зеньков И.В., ² к.т.н. Нефедов Б.Н.	
1 - Сибирский государственный аэрокосмический университет им. акад. М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия	
2 – Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Красноярск, Россия	
ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ФРИКЦИОННЫЕ ПРИВОДЫ ФОЙТ ТУРБО ДЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ	221
Григорьев К.В.	
ООО «Фойт Турбо», г. Москва, Россия	
ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ПОПЕРЕЧНОМУ СХОДУ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ	227
к.т.н. Юрченко В.М.	
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия	
РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ РЕЛЬСОВ ОТКАТОЧНЫХ ПУТЕЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	232
Шевченко Р.А., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Усольцев А.А., к.т.н. Крюков Р.Е., Шишкин П.Е.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАРИЙ-СТРОНЦИЕВОГО КАРБОНАТИТА ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ ПОД ФЛЮСОМ ГОРНО-ШАХТНЫХ МАШИН	236
к.т.н. Крюков Р.Е., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Усольцев А.А., Липатова У.И. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ СВАРКИ РЕЛЬСОВ ДЛЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	241
к.т.н. Усольцев А.А., Шевченко Р.А., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Крюков Р.Е., Шишкин П.Е. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОТРАБОТКЕ МОЩНЫХ КРУТОНАКЛОННЫХ ПЛАСТОВ УГЛЯ И РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	248
^{1, 2} к.т.н. Никитенко М.С., ¹ Малахов Ю.В., ¹ д.э.н. Никитенко С.М. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия ² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БУНКЕРА-ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ В СОСТАВЕ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....	251
к.т.н. Коряга М.Г. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С УЧЕТОМ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ В СТРУКТУРЕ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	253
¹ Шишкина С.В., ¹ к.т.н. Приступа Ю.Д., ² д.т.н. Павлова Л.Д., ² д.т.н. Фрянов В.Н. 1 – ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса», г. Ленинск-Кузнецкий, Россия 2 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК УЧАСТКА «СЕРАФИМОВСКОГО» УШАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	259
Татарина О.А. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ФОРМАЛИЗАЦИИ ИНДИКАТОРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ АВТОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА ТОПЛИВНО-СЫРЬЕВОГО РЕГИОНА.....	262
Буйвис В.А., д.т.н. Новичихин А.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК МАССОВЫХ ГРУЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ РЕГИОНЕ.....	265
Жаркова А.А., к.т.н. Дружинина М.Г. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА	269
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ	271
¹ чл.-корр. РАН, д.т.н. Новиков Д.А., ² д.т.н. Ивушкин А.А., ¹ д.т.н. Бурков В.Н., ⁴ д.т.н. Мышляев Л.П., ³ к.т.н. Сазыкин Г.П. 1 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия 2 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия 3 – ЗАО «Гипроуголь», г. Новокузнецк, Россия 4 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ООО «ШАХТА №12»)	273
¹ к.т.н. Грачев В.В., ¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Файрушин Ш.А., ¹ Шипунов М.В., ² к.т.н. Венгер К.Г., ² Леонтьев И.А., ³ Чемоданов О.В. 1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия 2 – ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово, Россия	

3 – ОАО «Сибгипрошахт», г. Новосибирск, Россия	
МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПОДОБИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	278
¹ д.т.н. Евтушенко В.Ф., ² д.т.н. Бурков В.Н., ³ д.т.н. Мышляев Л.П., ³ Макаров Г.В.	
1 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
2 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия	
3 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ РЕЦИКЛОВ	281
¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Циряпкина А.В., ³ д.т.н. Бурков В.Н., ⁴ к.э.н. Ивушкин К.А.	
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
3 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия	
4 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия	
ОЦЕНИВАНИЕ ПОДОБИЯ ТИПОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК.....	285
¹ Макаров Г.В., ² к.э.н. Ивушкин К.А., ¹ д.т.н. Евтушенко В.Ф., ¹ д.т.н. Мышляев Л.П.	
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
2 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия	
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИДЕНТИФИКАЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ.....	288
¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Леонтьев И.А., ¹ к.т.н. Грачев В.В., ³ Васькин В.В., ¹ Раскин М.В., ³ Старченко Е.В.	
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
2 – ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово, Россия	
3 – ОФ «Матюшинская», г. Прокопьевск, Россия	
ПРОЦЕДУРА ИДЕНТИФИКАЦИИ НАТУРНЫХ СТРУКТУР ПУТЕМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ФРАКТАЛОВ	291
д.т.н. Мышляев Л.П., Циряпкина И.В., Саламатин А.С.	
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	
СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА ОГНЕСТОЙКОСТИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	295
¹ д.т.н. Каледин В.О., ² к.т.н. Каледин Вл.О.	
1 – Новокузнецкий институт-филиал ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Новокузнецк, Россия	
2 – АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», г. Хотьково, Россия	
МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ В АСИНХРОННОМ РЕЖИМЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ РУДНИЧНЫХ МАШИН	298
д.т.н. Островлянич В.Ю., Поползин И.Ю., к.т.н. Кубарев В.А., Маршев Д.А.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНЫМ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГОРНЫХ МАШИН В ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ.....	305
к.т.н. Иванов А.С., к.т.н. Пугачева Э.Е., Каланчин И.Ю.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДРОБИЛЬНОЙ ВАЛКОВОЙ МАШИНОЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	308
д.т.н. Никитин А.Г., к.т.н. Тагильцев-Галета К.В., Чайников К.А.	
Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк, Россия	
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОДНОВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ	311
д.т.н. Никитин А.Г., к.ф.-м.н. Лактионов С.А., Медведева К.С.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ПРИ НЕЗАВИСИМОМ И СИСТЕМНОМ ТЕСТИРОВАНИИ РЕЛИЗОВ ИТ-СЕРВИСА	314
к.т.н. Зимин В.В., д.т.н. Киселева Т.В., Маслова Е.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЙ КОМПЛЕКС ГИДРО-ГАЗОВЫХ ЭНДОГЕННЫХ ШАХТНЫХ ПРОЦЕССОВ	321
¹ Давкаев К.С., ² к.т.н. Ляховец М.В., ² к.т.н. Гулевич Т.М., ² Золин К.А. 1 - ООО «Синерго Софт Системс», г. Новокузнецк, Россия 2 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТОПЛИВНО-СЫРЬЕВОГО РЕГИОНА: ДИВЕРСИФИКАЦИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ	326
д.т.н. Новичихин А.В., д.т.н. Фрянов В.Н., д.э.н. Петрова Т.В., д.т.н. Павлова Л.Д. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
ОЦЕНКА СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА И МЕТОДА КВАЛИМЕТРИИ	330
к.э.н. Новоселов С.В. Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, г. Кемерово, Россия	
ОЦЕНКА ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОГО КУЗБАССА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	335
д.т.н. Столбоушкин А.Ю., Акст Д.В., к.т.н. Фомина О.А., Иванов А.И., Сыромясов В.А. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ПРИНЯТИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПОЭТАПНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ	341
¹ Кулак В.Ю., ² д.э.н. Петрова Т.В., ² д.т.н. Новичихин А.В. ¹ ЗАО «Промуглепроект», г. Новокузнецк, Россия ² Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СОВОКУПНОЙ СТОИМОСТИ ВЛАДЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЗАКУПОК РЕСУРСОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ	346
д.э.н. Петрова Т.В., Стрекалов С.В., д.т.н. Новичихин А.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСОВ НА РЕКУЛЬТИВАЦИЮ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ)	351
Франк Е.Я. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ КЛАСТЕРОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)	355
к.э.н. Иванова Е.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	359
ОБ ИСТИННЫХ ПРИЧИНАХ ВЗРЫВОВ МЕТАНА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ РОССИИ И НЕОБХОДИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ГОРНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА	361
д.т.н. Ордин А.А., к.т.н. Никольский А.М. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия	
О ВЗРЫВООПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ МНОГОШТРЕКОВОЙ ПОДГОТОВКИ И ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ.....	365
д.т.н. Скрицкий В.А. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия	
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНЫХ ВОЛН ОТ ВЗРЫВА И ГОРЕНИЯ ГАЗОПЫЛЕВОЙ СМЕСИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ	371

^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 – Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 – ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия	
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ВЗРЫВА МЕТАНА С ОБЛАКОМ ПОРОШКОВОГО ИНГИБИТОРА	377
^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 – Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 – ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия	
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ВЗРЫВА МЕТАНА С ВОДЯНЫМ ЗАСЛОНОМ	381
^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 – Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 – ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия	
ГАШЕНИЕ ЭНЕРГИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ВОДЯНЫМ ЗАСЛОНОМ ПРИ ВЗРЫВЕ СЛОЕВОГО СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА	385
^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 – Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 – ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия	
ОБЗОР ДАННЫХ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРОШКОВЫХ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ	389
^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 – Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 – ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТУХАНИЯ ВОЛНЫ СЖАТИЯ ВО ВЗРЫВОУСТОЙЧИВОЙ БЕЗВРУБОВОЙ ПЕРЕМЫЧКЕ С УЧЕТОМ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛА НА КОНТАКТЕ С ПОРОДАМИ	394
¹ к.ф.-м.н. Баганина А.Е., ^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 – Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 – ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия	
СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОКИСЛЕНИИ УГЛЯ	398
д.т.н. Греков С.П., Орликова В.П. Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор», г. Донецк, ДНР	
ОЦЕНКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АНИЗОТРОПНОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ ВЫРАБОТКИ ВБЛИЗИ ДИЗЬЮНКТИВНОГО НАРУШЕНИЯ	402
д.т.н. Черданцев Н.В. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	
ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-АКУСТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ	408
д.т.н. Шадрин А.В., Контримас А.А. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия	

ВИДЫ И СТЕПЕНЬ ОПАСНОСТИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ.....	413
к.т.н. Абрамов И. Л.	
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия БЕЗОПАСНАЯ ОТРАБОТКА ЗАПАСОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ МЕР ОХРАНЫ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ	418
д.т.н. Лобанова Т.В., Трофимова О.Л., Писарев Л.Н.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ МЕТАНА В ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ ПРИ ОСТАНОВЛЕННОМ ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ.....	424
к.т.н. Говорухин Ю.М., д.т.н. Домрачев А.Н., к.т.н. Криволапов В.Г., д.т.н. Палеев Д.Ю.	
ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия АНАЛИЗ АДЕКВАТНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ.....	429
д.т.н. Палеев Д.Ю., к.т.н. Криволапов В.Г.	
ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия СНИЖЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ ПРИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ НА ПРИЛЕГАЮЩИЕ ТЕРРИТОРИИ	434
¹ к.т.н. Машуков И.В., ¹ к.т.н. Чаплыгин В.В., ² к.т.н. Доманов В.П., ¹ Сёмин А.А., ¹ Климкин М.А.	
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
2 – Научный центр «ВостНИИ», г. Кемерово, Россия	
СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПОДЗЕМНЫХ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ	438
к.т.н. Машуков И.В., Сёмин А.А., Климкин М.А.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ МЕТАНА УГЛЕДОБЫВАЮЩИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ КУЗБАССА И АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ	442
¹ к.э.н. Новоселов С.В., ² д.т.н. Голик А.С., ² д.т.н. Ли Хи Ун, ³ д.т.н. Попов В.Б.	
1 - Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, г. Кемерово, Россия	
2 - АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Россия	
3 - ООО «Центр независимой экспертизы», г. Кемерово, Россия	
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВСКРЫВАЮЩИХ ВЫРАБОТОК ПО СКЛОННЫМ К САМОВОЗГОРАНИЮ ПЛАСТАМ УГЛЯ	447
Шлапаков П.А.	
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Россия	
ПЕРЕРАБОТКА КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАМОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОГО КОКСОВАНИЯ С УГЛЯМИ.....	450
Кузнецов С.Н., д.т.н. Школлер М.Б., д.т.н. Протопопов Е.В., Казимиров С.А., д.т.н. Темлянец М.В.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ.....	453
^{1,2} д.т.н. Зеньков И.В., ² Нефедов Н.Б.	
1 - Сибирский государственный аэрокосмический университет им. акад. М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия	
2 – Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Новосибирск, Россия	
ИНФОРМАТИВНОСТЬ ОБМЕНА ОПЫТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА	458
д.т.н. Журавлев Р.П.	
ООО«Научно-исследовательский испытательный центр КузНИУИ», г. Прокопьевск, Россия АНАЛИЗ ПРОВЕДЕННЫХ РЕФОРМ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	460
д.т.н. Журавлев Р.П.	

ООО«Научно-исследовательский испытательный центр КузНИУИ», г. Прокопьевск, Россия РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	463
к.т.н. Михайлов В.Г. ¹ ; д.т.н. Киселева Т.В. ² ; к.т.н. Михайлов Г.С. ¹	
1 - Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия	
2 - Сибирский государственный индустриальный университет,г. Новокузнецк, Россия	
РОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕБАЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И МАТРИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МИНЕРАГЕНЕЗЕ И В РАЗВИТИИ РАКА У ГОРНЯКОВ	468
к.г.-м.н. Гумиров Ш.В.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
АКУСТИЧЕСКИЕ ФОНЫ ТЕРАГЕРЦОВОЙ ЧАСТОТЫ В ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ВЕЩЕСТВА ЛИТОСФЕРЫ	475
к.г.-м.н. Гумиров Ш.В.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ ДЕГАЗАЦИОННЫХ ГАЗОПРОВОДОВ.....	481
к.т.н. Башкова М.Н., к.т.н. Зоря И.В.	
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	

18. Ивакин В.Л. Новая технология повышения качества металлов и сплавов барийстронциевым карбонатом [Текст]/ В.Л. Ивакин, С.С. Черняк, Д.Ю. Пимнев. - Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета, 2004. -123 с.
19. Рожихина И.Д. Модифицирование стали барием и стронцием [Текст]/ И.Д. Рожихина, О.И. Нохрина, В.И. Дмитриенко, М.А. Платонов //Известия ВУЗов. Черная металлургия, 2015, Т.58, №15, с.871-875.
20. Ватолин И.А. Термодинамическое моделирование в высокотемпературных неорганических системах [Текст] / И.А. Ватолин, Г.К. Моисеев, Б.Г. Трусков- М.: Металлургия, 1994. – 352.
21. Трусков Б.Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах [Текст] /Б.Г. Трусков// III Международный симпозиум «Горение и плазмохимия» Алматы, Казахстан. – Алматы: Казак университет, 2005. – С. 52 – 57.
22. Using a new general-purpose ceramic flux SFM-101 in welding of beams/ Yu. S. Volobueva, O. S. Volobueva, A. G. Parkhomenkob, E. I. Dobrozhelec & O. S. Klimenchuk / Welding International.– 2012.– Volume 26. – No.8. – pp. 649-653.
23. Special features of agglomerated (ceramic) fluxes in welding / V. V. Golovko & N. N. Potapov / Welding International – 2011.– Volume 25. – No.11. – pp. 889-893.
24. Крюков Р.Е. Окислительно-восстановительные процессы при сварке под углеродсодержащим флюсом [Текст]/ Р.Е. Крюков, Ю.В. Бендре, Н.А. Козырев, И.В. Осетковский, В.Ф. Горюшкин // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 2014. – №10. – С. 25-28.
25. R.E. Kryukov. Some aspects of oxidation-reduction under carbon-bearing flux welding [Текст]/ R.E. Kryukov, N.A. Kozыrev, G.V. Galevsky, Y.V. Bendre, V.F. Goryushkin, D.V. Valuev 2015 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 91.
26. Липатова У.И. Влияние добавки барийстронциевого карбоната во флюс на качество сварного шва. [Текст]/ У.И. Липатова, И.В. Матинин, А.А. Проводова, Д.И. Кузьменко// Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: сб. тр. всерос. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып.20– ч.III – Новокузнецк: СибГИУ, 2016. – С. 266-271.

УДК 625.143.48

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СВАРКИ РЕЛЬСОВ ДЛЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

к.т.н. Усольцев А.А., Шевченко Р.А., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Крюков Р.Е., Шишкин П.Е.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Аннотация: При строительстве, ремонте и текущем содержании подъездных путей одной из ключевых технологий является сварка рельсов, для которой разработаны и используются различные способы. В статье рассмотрены достоинства и недостатки основных способов сварки рельсов, получивших наибольшее распространение на сегодняшний день: электроконтактного и алюмотермитного.

Ключевые слова: контактная сварка, термообработка, технология, качество, структура, механические свойства, эксплуатационная стойкость, надежность.

Подъездные пути являются важной составной частью промышленного транспорта, под которым понимается совокупность транспортных устройств и сооружений, обслуживающих потребности предприятия в транспортировании готовой продукции, сырья и полуфабрикатов. Так же интенсивность грузопотоков выдвигает новые требования к верхнему строению пути, в частности к основному элементу - рельсам. В настоящее время, как на железных дорогах России, так и за рубежом, происходит отказ от звеньевой конструкции пути. Одним из основных недостатков звеньевого пути является наличие стыка. Развитие технологий, позволяющих обеспечить возможность получения бесстыкового железнодорожного пути, является актуальным направлением в настоящее время [1-6]. Следует принимать во внимание, что эксплуатация подъездного пути в стране происходит в сложных климатических и эксплуатационных условиях. Таким образом использование современных технологий при создании и ремонте подъездных путей позволит увеличить качество пути.

К достоинствам бесстыкового пути может быть отнесено[7,8]:

- уменьшение на 30-40 % затрат на текущее содержание пути и повышение безопасности движения, надёжность конструкции;
- снижение на 8-10 % основного удельного сопротивления движению и, в связи с этим, экономия топлива и электроэнергии на тягу, что весьма существенно в условиях непрерывного роста цен на энергоносители;
- увеличение сроков службы верхнего строения пути, за счёт меньшей, чем в звеньевом пути повреждаемости рельсов (трещины в кромках болтовых отверстий, выколы головки, смятие и седловины). Так, отказы бесстыковых плетей по дефектам (контактно-усталостным и в стыках) возникают в 1,8-2,0 раза реже, чем рельсов звеньевого пути, а без учёта уравнительных пролётов - в 3-4 раза;
- снижение объёмов работ по выправке пути (до 25-30 %), связанных с просадками в стыках, особенно работ по ликвидации выплесков, которые с увеличением осевых нагрузок становятся большой проблемой;
- снижение интенсивности бокового износа наружной рельсовой нити в кривых и, соответственно, повреждений рельсов по этой причине в 1,5-1,6 раз;
- сокращение потребности в очистке щебёночного балласта на угольно-рудных маршрутах в 1,5-2,0 раза;
- сокращение расходов металла на стыковые скрепления (до 4,5 т-км);
- уменьшение расходов на ремонт ходовых частей вагонов и локомотивов;
- повышение комфортабельности проезда пассажиров;
- повышение надёжности работы электрических рельсовых цепей автоблокировки.

Не маловажным преимуществом бесстыковой конструкции верхнего строения пути является и то, что она позволяет использовать железобетонное подрельсовое основание, которое повышает запас устойчивости, сопротивляемость продольным и поперечным перемещениям рельсов и обеспечивает равную жёсткость пути по длине. К тому же, использование железобетонных шпал уменьшает расход деловой древесины.

Зоны сварных стыков являются слабыми участками рельсового пути для всех случаев движения (в случае скоростного, высокоскоростного движения и тяжеловесного движения). Изъятия по дефектам сварного стыка от общего числа изъятых рельсов достигают 30 %, при этом, суммарная протяжённость зоны стыка составляет не более 2 % от длины рельсовой плети. Причины этого заключаются в изменении однородности микроструктуры в зонах сварного шва и термического влияния; создании неблагоприятной эпюры внутренних остаточных напряжений; создании при сварке условий для образования внутренних дефектов, являющихся концентраторами напряжений и ослабляющих участок рельса со сварным швом; короблении рельса в зоне сварного шва с последующим образованием «седловин» при эксплуатации.

Создание рельсов с ресурсом 1500 – 2000 млн. т возможно только при комплексной оптимизации металлургического качества, структуры металлической матрицы, эпюры остаточных напряжений и прямолинейности [9, 10]. Высокое металлургическое качество рельсов связано прежде всего с отсутствием в них скоплений и отдельных крупных хрупкоразрушенных оксидных неметаллических включений, что обеспечивается низким содержанием в стали алюминия (менее 0,004 %) и кислорода (общего - менее 20 ppm и связанного в высокоглиноземистые оксидные включения - менее 10 ppm).

Основными недостатками, снижающими ресурс всех этих рельсов в эксплуатации, остаются:

- наличие остаточных напряжений в головке рельсов, которые наводятся там последней технологической операцией в потоке производства - холодной правкой на роликотправильных машинах;
- создание мягких участков с пониженным сопротивлением износу и смятию в зонах термического влияния после сварки и последующей локальной индукционной термической обработки сварных швов, что приводит к возникновению в этих местах неровностей и повышенного динамического воздействия колес подвижного состава;
- заметное снижение ударной вязкости, трещиностойкости и критического размера усталостных трещин при закалке с прокатного нагрева по сравнению с закалкой с отдельного перекристаллизационного нагрева.

Все эти недостатки можно преодолеть путем разработки и освоения производства сварных рельсовых плетей длиной 800 м, сваренных из цельнокатаных рельсов длиной 100 м с последую-

щей термической обработкой путем непрерывно-последовательного индукционного нагрева всего сечения рельса и последующего дифференцированного охлаждения, направленного на получение в головке рельса структуры сорбита и троостосорбита, максимально возможно однородной как для цельнокатаного рельса, так и для сварного стыка при отсутствии зон термического влияния. Полученные рельсовые плети с термической обработкой должны обеспечивать при условии проведения периодической профилактической шлифовки или фрезеровки межремонтный эксплуатационный ресурс не менее 1500 – 2000 млн. т брутто.

Такой подход обеспечит максимально возможную равнопрочность сварных стыков и цельнокатаных рельсов с получением длинных рельсовых плетей для бесстыкового пути с равным сопротивлением износу и смятию в эксплуатации, что позволит ликвидировать местные неровности в сварных плетях бесстыкового пути в течение всего срока службы рельсов. Кроме того, это обеспечивает получение благоприятной эпюры внутренних остаточных напряжений, способствующих получению наибольшего сопротивления зарождению и распространению контактно-усталостных трещин в головке, коррозионно-усталостных трещин в подошве и продольных трещин в шейке рельса как в прокатной, так и в сварной части рельсовых плетей.

Правильно подобранный режим дифференцированно термически упрочненной рельсовой плети позволит минимизировать процесс правки после термической обработки и сохранить внутренние остаточные сжимающие напряжения. Известно, что рельсы, термически упрочненные по технологии непрерывно-последовательного сквозного индукционного нагрева и последующего дифференцированного охлаждения сжатым воздухом со стороны головки и подошвы на предприятиях «СИСКо» (Канада) (в настоящее время завод закрыт) и «Сожерай» («Тата Стил», Франция), имели остаточные сжимающие напряжения в головке 100 – 200 МПа, а в подошве 100 – 150 МПа. Рельсы, термически упрочняемые с прокатного нагрева дифференцированной закалкой или с отдельного нагрева объемной закалкой в масле, в результате проведения холодной правки на роликоправильных машинах имеют растягивающие напряжения в головке и подошве до 250 – 300 МПа [11].

При строительстве, ремонте и текущем содержании бесстыкового пути одной из ключевых технологий является сварка рельсов, для которой разработаны и запатентованы следующие способы:

- давлением: электроконтактный, газопрессовый, индукционный, лазером, трением и др.;
- алюминотермитный;
- электродуговой: штучными электродами, под слоем флюса, в среде защитных газов, электрошлаковый, порошковыми проволоками и др.

Способ сварки давлением основан на разогреве концов рельсов до температуры пластического состояния (выше 1000 °С) и сдавливании их с определенным усилием (в зависимости от площади поперечного сечения и физико-механических свойств металла рельсов) [12]. Концы рельсов можно нагревать электрическим током - электроконтактный способ, газовыми горелками - газопрессовый, токами высокой частоты (индукторами), лазером, плазмой, теплом, выделяемым при трении, и т.п. При сварке давлением отсутствует присадочный металл, т.е. концы рельсов сваривают непосредственно друг с другом.

Алюминотермитный способ основан на получении металлов и сплавов восстановлением их оксидов в экзотермической реакции с алюминием. Реакция проходит с выделением большого количества тепла. Расплавленный металл заливается в зазор между соединяемыми рельсами [13].

Электродуговой способ основан на расплавлении электрической дугой электродного металла (стержня или проволоки) и заполнении им зазора между соединяемыми рельсами.

Алюминотермитный и электродуговой способы существенно отличаются от способов сварки давлением тем, что сварной шов шириной 15-25 мм и более состоит из присадочного металла, имеющего литую структуру.

Всем способам сварки присуще наличие зоны термического влияния (ЗТВ) - измененной структуры основного металла рельсов, непосредственно прилегающего к сварному шву. Это приводит к возникновению остаточных напряжений и, как следствие, к снижению прочностных характеристик сварного соединения. Ширина ЗТВ зависит от времени воздействия высоких температур на основной металл, массы присадочного металла, способа и параметров сварки.

На сварных стыках, выполненных способами сварки давлением, для повышения их механических свойств можно применять термообработку (в том числе дифференцированную, с закалкой головки рельса в ЗТВ) [14].

Поскольку при алюминотермитной и электродуговой сварке в сварном шве присутствует присадочный металл, сильно отличающийся от металла рельсов по химическому составу и структуре, термообработка этих стыков не дает ощутимого повышения их механических свойств.

Из перечисленных способов сварки рельсов давлением наибольшее распространение получил электроконтактный способ (ЭС), который применяют более чем в 95% случаев. В России на железнодорожном транспорте применяют только ЭС, которым ежегодно выполняют порядка 600 тыс. стыков рельсов в РСП и до 50 тыс. стыков машинами ПРСМ [15]. Рассмотрим достоинства и недостатки существующих технологий ЭС.

Достоинства ЭС:

- высокое качество сварного соединения;
- наличие в сварочной машине системы контроля позволяет контролировать отклонение параметров режима сварки;
- высокая механизация и автоматизация работ (в стационарных условиях);
- высокая производительность процесса.

Недостатки ЭС:

- невозможность сварки стыков в районе стрелочных переводов;
- дорогостоящее оборудование;
- необходимость продолжительных остановок в движении поездов при проведении сварочных работ.

В настоящее время наибольшее распространение при контактной сварке рельсов получил метод пульсирующего оплавления. Данный способ контактной сварки наиболее экономичен и технологичен в сравнении с непрерывным оплавлением. При контактной сварке рельсов, так же, как и при других видах сварки происходит нагрев и непрерывное охлаждение металла в ЗТВ. В зависимости от химического состава стали, выбирается технологический процесс сварки с использованием существующих методов оплавления: непрерывного или пульсирующего, определяющих линейную величину и температурные поля в ЗТВ сварного стыка [16, 17]. Выбор теплового режима основан на исключении образования структур закалки (мартенсита и бейнита), вызывающих дополнительные напряжения и трещины, которые приводят к разрушению рельсов [8]. В связи с этим [18] особое значение приобретает разработка таких режимов для железнодорожных рельсов высокоскоростных магистралей, изготовленных из хромистой стали.

Однако при применении бесстыковой конструкции верхнего строения пути остаётся не решённым ряд вопросов, в частности, требуют дальнейшей проработки вопросы повышения прочности сварных швов и зоны термического влияния, т.к. количество опасных дефектов на этом участке составляет 13-15 % от общего числа дефектов на рельсовой плети.

Данная проблема в процессе изготовления бесстыкового пути при сварке рельсов решается обязательной термической обработкой сварного стыка. Термообработку производят с помощью индукционных установок, что в свою очередь увеличивает затраты. Этот недостаток на практике предлагается исправлять совмещением непрерывного и пульсирующего методов оплавления, изменением интенсивности нагрева при сварке и регулированием скорости охлаждения [18]. При этом, частично используя метод непрерывного оплавления, возможно появление дефектов сварочного характера.

В работе [19] предлагается после сварки рельсов во время охлаждения проводить квазиизотермическую выдержку в интервале температур образования мелкодисперсной структуры путем пропускания импульсов переменного электрического тока через сварной стык с поддержанием данной температуры до конца превращения. Использование квазиизотермической выдержки при температуре 600 – 650 °С позволяет получить мелкодисперсную структуру сварного шва железнодорожных рельсов без дополнительной термообработки.

До недавнего времени основным способом сварки рельсов был электроконтактный способ ЭС. Однако в связи с невозможностью сварки рельсов в зонах стрелочных переводов контактными машинами, начиная с 1995 г., на железных дорогах России началось применение алюминотермитной сварки рельсов (АТСР), и в настоящее время решаются вопросы, связанные с применением АТСР не только в зоне стрелочных переводов, но и на перегонах.

Достоинства АТСР:

- мобильность;
- небольшая продолжительность остановок в движении поездов;
- проведение процесса сварки без потребления электроэнергии.

Недостатки АТСР:

- нет возможности слежения и непосредственного управления за процессом сварки;
- широкая и неконтролируемая зона термического влияния;
- влияние качества термитной смеси на качество сварного соединения;
- сильная зависимость качества сварки от опыта сварщика.

Для понимания процессов, происходящих при АТСР, необходимо уяснить основные принципы данного способа сварки. В целом технология описана в работах [20–24]. Термит, употребляемый для сварки рельсов, изготавливается из железной окалины – отходов сталепрокатного производства и металлического алюминия. Их размельчают до получения зёрен диаметром от 0,1 до 2,5 мм. Первичный алюминий должен содержать не менее 98–99 % чистого алюминия. Перед размолом окалина должна быть хорошо обожжена с целью удаления из неё влаги и масла. Пыль из размельчённой окалины и алюминия удаляется воздушным сепаратором. Окалина по своему химическому составу различна. Чем меньше в окалине кремния, тем она лучше для получения сварочного термита. Содержание в окалине кислорода не должно быть ниже 25 %. Железо с кислородом может образовать три окисла: FeO – закись железа; Fe_2O_3 – окись и Fe_3O_4 – закись-окись. При нормальных условиях составляющие термитной смеси не вступают во взаимодействие, но если термитную смесь подогреть до 1100–1200 °С, то между её компонентами начинается химическая реакция. В результате этой реакции металлический алюминий окисляется и превращается в оксид алюминия, а окалина, восстанавливается с образованием железа. Эта реакция идёт с большим выделением тепла самопроизвольно и неуправляемо. Термитная смесь содержит: 23,7 % алюминия и 76,3 % окалины. При сгорании 1,0 кг термитной смеси выделяет 3188,22 кДж тепла, что позволяет получить температуру расплавленного металла порядка (2700–3000) °С.

Окалина и алюминий могут содержать различные примеси. Поэтому процент содержания алюминия и окалины в термитной смеси рассчитывается с учётом чистоты алюминия и содержания кислорода в окалине. Практика термитной сварки показала, что окалины в термитной смеси должно быть на (7–8)% больше расчётного содержания. Тогда термитный металл получается плотнее и лучше сваривается с металлом рельса.

Для эффективного использования образующегося при реакции тепла и увеличения выхода металла, в термитную смесь для сварки рельсов при изготовлении добавляют мелко измельчённые кусочки стали – отходы гвоздильного производства. При расплавлении сталь увеличивает выход термитного металла и понижает начальную температуру продуктов реакции термита. В зависимости от веса порции термита в термитную смесь добавляют этих отходов (называемых обесечкой) от 12 до 20 % к весу предполагаемого выхода термитного металла. Для улучшения механических свойств металла сварного шва в термитную смесь вводят ферросплавы, в большинстве случаев ферромарганец, ферросилиций, ферромolibден, ферротитан, феррованадий. Ферросплавы обуславливают получение термитного металла с механическими свойствами, близкими к металлу свариваемых рельсов. Таким образом, химический состав металла, образующегося из термитной смеси, далек от свариваемой рельсовой стали со всеми вытекающими последствиями. Кроме того, сама термитная составляющая – источник оксидов как вводимых экзогенных – непрореагировавшего оксида железа, так и эндогенных – образующихся в ходе окислительно-восстановительных реакций. Следует также отметить, что не всегда образующиеся в ходе реакций шлаковые включения и газы успевают всплыть из зоны реакции. В итоге происходит загрязнение сварочной зоны неметаллическими оксидными включениями и различными микропорами, являющимися центрами зарождения трещин.

Для сварки рельсов в настоящее время может применяться способ промежуточного литья, при котором из продуктов термитной реакции используется только расплавленный металл без шлака, что повышает качество. Однако, сварка АТСР это соединение, получаемое с помощью литейных процессов, при которых возможно образование неметаллических оксидных включений, пор, раковин, заливин, шлаковых включений, внутренних трещин и микропор.

Большие проблемы возникают при сварке АТСР в зимние периоды. При низких температурах увеличивается скорость охлаждения, в связи с чем ускоряется кристаллизация расплавленного металла сварочной ванны, в результате выделившиеся газы и частички шлака не успевают всплыть, насыщая металл порами и шлаковыми включениями. Повышенный отвод тепла от нагретого металла и увеличение содержания в нем газов способствуют образованию трещин в шве и околошовной зоне. При несоблюдении правил хранения в материалах возможно содержания некоторого количества влаги, что способствует насыщению водородом металла шва.

В работе [25] показаны результаты эксплуатационных испытаний сварных стыков, сваренных различными технологиями. Показано, что основной технологической операцией, влияющей на получение необходимой структуры и обеспечивающей необходимое качество сварного соединения, является предварительный подогрев. Экспериментами установлено, что при недостаточном подогреве или низкой температуре окружающей среды температура торцов рельсов резко снижается, что приводит к повышению скоростей охлаждения металла шва и околошовной зоны. Это способствует образованию закалочных структур, повышению хрупкости и образованию микротрещин, снижающих прочность стыка рельсов. Так, например, при сварке рельсов при температуре окружающей среды равной 15 °С скорости охлаждения на периферийных участках подошвы рельса почти в два раза выше, чем в головке.

В статье [26] приведены эксперименты по сварке АТСР при отрицательных температурах. Температура окружающей среды оказывает негативное влияние на качество сварных швов. Результаты экспериментов, полученные при разных температурах сварки, не удовлетворяют нормативным требованиям.

Следует отметить, что как показывает опыт эксплуатации сварных стыков АТСР на сети железных дорог и испытания на Экспериментальном кольце ВНИИЖТ, их качество несколько уступает качеству стыка ЭС, что обусловлено самим способом сварки. Поэтому основные компании, осуществляющие АТСР рельсов на сети железных дорог («Снага», «Сварочная Наплавочная Компания», «ГТ-Алюминотермитная сварка», «Railtech», «Сварочные технологии») позиционируют данный способ исключительно для сварки рельсов в пределах стрелочных переводов, на мостах, эстакадах, в тоннелях, когда сложно организовать необходимые окна в графике движения для использования ПРСМ.

В работе [27] приведен расчет, согласно которому стоимость электроконтактной сварки дорожке алюминотермитной сварки рельсов на 41,8 %. Однако, при рассмотрении сроков гарантии стыков, сваренных ЭС способом и АТСР по количеству пропущенного по ним груза (для ЭС согласно СТО РЖД 1.08.002 – 2009 для рельсов типа Р75 и Р65 – 150 млн. т. брутто; для рельсов типа Р50 – 120 млн. т. брутто; для АТСР согласно ТУ 0921 – 127 – 01124323 – 2005 составляет для рельсов типа Р75 и Р65 – 120 млн. т. брутто; для рельсов типа Р50 – 100 млн. т. брутто) стоимость стыка для каждого млн. т. брутто изменяется. При ЭС: для рельсов типа Р75 и Р65 – 81,33 руб., для рельсов типа Р50 – 101,67 руб. При АТСР: для рельсов типа Р75 и Р65 – 59,17 руб., для рельсов типа Р50 – 71 руб. Таким образом, приведенная стоимость ЭС дорожке АТСР на 27,25 % при сварке рельсов типа Р75, Р65 и на 30,17 % при сварке рельсов типа Р50. Причем следует указать, что проведенный в работе [28] анализ данных об изъятии из пути 897 дефектных сварных стыков АТСР на сети железных дорог за 2009 г. и 9 мес. 2010 г. выявил, что 89 % стыков АТСР (710 шт.) не проработали в течение гарантийного срока. Это также сокращает разницу между стоимостью ЭС и АТСР. Стоимость АТСР увеличивается с дальнейшей эксплуатацией стыков. Действующая периодичность контроля стыков АТСР (не позже 6 мес. с момента сварки, затем не реже одного раза в год), большинство из которых эксплуатируется с предохранительными накладками, выше периодичности контроля стыков, сваренных электроконтактным способом, эксплуатируемых без накладок (не реже одного раза в год в первые два года после укладки, затем не реже одного раза в два года) [28].

Вывод. Из приведенных данных следует, что сварка АТСР сегодня не зарекомендовала себя в качестве надежного и качественного способа соединения рельсов, экономическая же составляющая связана с качественными характеристиками и безопасностью перевозок железнодорожным транспортом. Для подъездных путей горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий рекомендуется сварка рельсов электро-контактным способом.

Следует отметить, что оба способа сварки непрерывно развиваются, в частности, немецкая компания «Elektro-Thermit GmbH & Co. KG» заявляет о достигнутых успехах по повышению качества стыка, выполненного АТСР. Несмотря на хорошую рекламную составляющую, массовому использованию и внедрению данной технологии для сварки рельсовых плетей должно в обязательном порядке предшествовать проведение широкомасштабных исследований, лабораторных и полигонных испытаний, эксплуатационных испытаний на участках пути с разной геометрией, грузонапряженностью и климатическими условиями.

Библиографический список

1. Meade, B., Railroad welding demands specialized processes // Welding journal, Volume 76 - Issue 9, 1997, Pages 47-52.

2. Kargin, V.A., Tikhomirova, L.B., Abramov, A.D., Galai, M.S., Effect of vibroimpact treatment on the physical and mechanical properties of the surface layer of welded joints in rails // *Welding International*. Volume 28 - Issue 3, 2014, Pages 245-247.
3. Yamamoto, R., Komizu, Y., Fukada Y., Experimental examination for understanding of transition behaviour of oxide inclusions on gas pressure weld interface: joining phenomena of gas pressure welding // *Welding International*. Volume 28 - Issue 7, 2014, Pages 510-520.
4. Karimine, K., Uchino, K., Okamura, M., Susceptibility to and occurrence of HAZ liquation cracking in rail steels: Study of rail welding with high-C welding materials (4th Report) // *Welding International*. Volume 11 - Issue 6, 1997, Pages 452-461.
5. Kuchuk-Yatsenko, S.I., Shvets, Yu.V., Didkovskii, A.V., Chvertko, P.N., Shvets, V.I., Mikitin, Ya. I., Technology and equipment for resistance flash welding of railway crossings with rail ends through an austenitic insert // *Welding International*. Volume 22 - Issue 5, 2008, Pages 338-341.
6. Irving, B., Long Island Rail Road orders an all-welded fleet // *Welding journal*, Volume 22 - Issue 9, 1997, Pages 33-37.
7. Бесстыковой путь прогрессивная конструкция железнодорожного пути [Текст] / Л.В. Клименко// Приложение к журналу «Мир транспорта» МКЖТ МПС РФ, 2004. - № 1 с. 88-93.
8. Козырев Н.А. Железнодорожные рельсы из электростали [Текст]/ Н.А. Козырев, В.В. Павлов, Л.А. Годик, В.П. Дементьев. – Новокузнецк: ЕвразХолдинг, Новокузнецкий металлургический комбинат, 2006. – 388 с.
9. Шур Е. А. Перспективные требования Российских железных дорог к рельсам [Текст]// Железнодорожный транспорт. 2008. № 2. С. 41 – 45.
10. Шур Е. А. Влияние структуры на эксплуатационную стойкость рельсов[Текст]// Влияние свойств металлической матрицы на эксплуатационную стойкость рельсов: сб. Екатеринбург: УИМ, 2006. С. 37 – 63.
11. Термически упрочненные рельсы [Текст] / под ред. А. Ф. Золотарского. М.: Транспорт, 1976. 264 с.
12. Kuchuk-Yatsenko, S.I., Shvets, V.I., Didkovskii, A.V., Taranova, T.G., Investigation of the weldability by resistance welding of rails strengthened by heat treatment // *Welding International*. Volume 24 - Issue 6, 2010, Pages 455-461.
13. Wegrzyn, J., Maxur, M., A thermit mixture for rail track welding // *Welding International*. Volume 6 - Issue 1, 1992, Pages 5-8.
14. Genkin, Z., Welding and heat treatment of joints in railway rails in induction equipment // *Welding International*. Volume 19 - Issue 2, 2005, Pages 160-164.
15. Калашников Е.А. Технологии сварки рельсов: тенденции в России и за рубежом [Текст]/ Е.А. Калашников, Ю.А. Королёв //Путь и путевое хозяйство. – 2015, №8. с 2-6.
16. Mitsuru F. Rail flash-butt welding technology/ F. Mitsuru, N. Hiroaki, N. Kiyoshi// JFE Technical Report. – 2015. – № 20. – P. 159 – 163.
17. Saita K. Trends in rail welding technologies and our future approach/ K. Saita, K. Karimine, M. Ueda, K. Iwano, T. Yamamoto, K. Hiroguchi // *Nippon steel & sumitomo metal technical report*. – 2013. – № 105. – P. 84 – 92.
18. Шур Е.А. Комплексный метод контактной сварки рельсов: [Текст] / Е.А. Шур, В.А. Резанов// Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – № 3. – С. 20 – 22.
19. Шевченко Р.А. Совершенствование технологии сварки рельсовой стали с повышенным содержанием хрома [Текст]/ Р.А. Шевченко// Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: сб. тр. всерос. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Вып.20– ч.III – Новокузнецк: СибГИУ, 2016. – С. 259-261.
20. Воронин Н.Н. Технология алюминотермитной сварки рельсов: : [Текст] :учеб. пособие / Н.Н. Воронин, В.В. Засыпкин, В.И. Коненков, Э.В. Воробьев, О.Н. Трынкова; под ред. Н.Н. Воронина. - М.: МИИТ, 2008. - 117 с.
21. Воронин Н.Н. Алюминотермитная сварка рельсов: [Текст] : учеб. пособие: / Н.Н. Воронин, В.В. Засыпкин, В.И. Коненков, Э.В. Воробьев, О.Н. Трынкова; под ред. Н.Н. Воронина. - М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. - 195 с.
22. Sergejevs, D., Mikhaylovs, S., Analysis of factors affecting fractures of rails welded by aluminothermic welding // *Transport problems*. Tom 3, 2008, Pages 33-37.

23. Karguin, V.A., Tikhomirova, L.B., Galay, M.S., Kuznetsova, Ye.S., Improving service properties of welded joints produced by aluminothermic welding // Welding International. Volume 29 - Issue 2, 2015, Pages 155-157.
24. 11.Lee, F.T., Managing thermite weld quality for railroads // Welding journal, Volume 85 - Issue 1, 2006, Pages 24.
25. Воронина О.Н. Развитие конструкций железнодорожных рельсов, их стыковых соединений и технологий обработки: [Текст] дис. ... канд. техн. наук : 07.00.10 / О.Н. Воронина. – Москва, 2014. – 228 с.
26. Воронин Н.Н. Алюминотермитная сварка рельсов зимой. [Текст] / Н.Н. Воронин, О.Н. Трынкова, О.В. Фомичёва // Мир транспорта. – 2012. – № 4. – С. 56-59.
27. Величко Д.В. Экономическая оценка контактной и алюминотермитной сварки рельсов [Текст] / Д.В. Величко. //Актуальные проблемы современной науки: сб. статей междунар. науч.-практ. конф.: В 4 частях, отв. редактор А.А. Сукиасян. 2013. С. 93-96.
28. Рукавчук Ю.П. Дефектность стыков алюминотермитной сварки рельсов [Текст]./ Ю.П. Рукавчук, С.А. Рождественский, И.З. Этинген // «Путь и путевое хозяйство»- 2011. -№ 4.- с.26-27.

УДК 62-529

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОТРАБОТКЕ МОЩНЫХ КРУТОНАКЛОННЫХ ПЛАСТОВ УГЛЯ И РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

^{1,2}к.т.н. Никитенко М.С., ¹Малахов Ю.В., ¹д.э.н. Никитенко С.М.

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН,
г. Кемерово, Россия

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово, Россия

Аннотация. Изложены предложения по созданию роботизированных комплексов для отработки крутонаклонных и крутых пластов угля на основе поддерживающе-ограждающего шагающего модуля и механизированной крепи с управляемым выпуском.

Ключевые слова: безлюдные технологии, роботизированный комплекс, мощный угольный пласт, крутонаклонный угольный пласт, дистанционное управление, механизированная крепь, управляемый выпуск, автоматизированная система управления, шагающая крепь, разупрочнение.

Введение. В горнодобывающей отрасли современное состояние ресурсной базы при подземном способе добычи полезных ископаемых характеризуется исчерпанием легкодоступных и богатых месторождений. Имеющиеся запасы и месторождения полезных ископаемых сосредоточены в сложных горно-геологических условиях разработки, в том числе в крутых и крутонаклонных пластах. При этом важной проблемой является высокая газоопасность и пожароопасность мощных угольных пластов. Это вызывает необходимость разработки и применения эффективных роботизированных комплексов на основе средств «безлюдных технологий», обеспечивающих извлечение полезных ископаемых из труднодоступных месторождений и обеспечивающих безопасность подземного персонала проведении горных работ.

Дальнейшее развитие горнодобывающей отрасли и совершенствование системы безопасности горных работ в решающей степени зависит не только от применения новых разнообразных видов оборудования и технологий, диспетчеризации и автоматизации управления горнотранспортными комплексами, но и от ускоренного создания и широкого внедрения уникальных автоматизированных систем управления горными работами на основе полностью или частично роботизированной техники, обеспечивающей возможность внедрения средств «безлюдной» технологии [1, 11].

Необходимо отметить, что применяемое в шахтах существующее оборудование неэффективно для разработки месторождений полезных ископаемых из крутых и крутонаклонных пластов, и не обходится без постоянного присутствия людей в очистных и подготовительных забоях. Необходимость повышения эффективности разработки трудноизвлекаемых полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях и в шахтах опасных по газу и пыли создают потребность