

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Сибирский государственный индустриальный университет»

ВК «Кузбасская ярмарка»

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 10 - 2024

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. Никитенко С.М.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2024. - № 9. – 350 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 «Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 4-7 июня 2024 г.).

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

3 – Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия.....	137
4 – Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, г. Новосибирск, Россия	137
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОМ УГОЛЬНОМ КАРЬЕРЕ В СОСТАВЕ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АВСТРАЛИИ	143
¹ д.т.н. Зеньков И.В., ² к.т.н. Черепанов Е.В., ³ Мулюшкина А.А., ⁴ к.т.н. Нефедов Б.Н.	143
1 – ООО «Сибирский научно-исследовательский институт горного и маркшейдерского дела», г. Красноярск, Россия.....	143
2 – Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия	143
3 – Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия.....	143
4 – Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, г. Новосибирск, Россия	143
К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХЛОПАТ	146
к. т. н. Чаплыгин В. В., к. т. н. Садыков А. А., Матвеев А. В.	146
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия	146
РОБОТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	155
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД.....	157
д.т.н. Фрянов В.Н., д.т.н. Павлова Л.Д.	157
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	157
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК	164
^{1,2} к.т.н. Грачев В.В., ³ д.т.н. Ивушкин А.А., ¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ^{1,2} к.т.н. Макаров Г.В.	164
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	164
2 – Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия.....	164
3 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия.....	164
ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	170
¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² д.т.н. Ивушкин А.А., ^{1,3} к.т.н. Грачев В.В., ^{1,3} к.т.н. Макаров Г.В., ⁴ Коршунов С.Ю.	170
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	170
2 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия.....	170
3 – Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия.....	170
4 – ООО «РТ-Инжиниринг», г. Москва, Россия	170
СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РУБЦОВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКОЙ	174
¹ д.т.н. Ивушкин А.А., ^{2,3} к.т.н. Макаров Г.В., ^{2,3} к.т.н. Грачев В.В., ³ д.т.н. Мышляев Л.П., ^{2,3} Свинцов М.М., ^{2,3} Загидулин И.Р., ^{2,3} Курышев Е.В.....	174
1 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия.....	174
2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	174
3 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	174
ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ MASTERSCADА 4D ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОИЗВОДСТВА ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ПОЛИМЕТАЛЛОВ	179
^{1,2} Курышев Е.В., ^{1,2} к.т.н. Грачев В.В., ^{1,2} Кулюшин Г.А., ^{1,2} к.т.н. Макаров Г.В., ² д.т.н. Мышляев Л.П., ^{1,2} Халимов В.А.....	179
1 - Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия	179
2 - ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия.....	179
К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ СУШИЛЬНО-ТОПОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ	183
Коровин Д.Е.	183
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия.....	183

**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ
УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

¹д.т.н. Мышляев Л.П., ²д.т.н. Ивушкин А.А., ^{1,3}к.т.н. Грачев В.В.,
^{1,3}к.т.н. Макаров Г.В., ⁴Коршунов С.Ю.

**1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,
г. Новокузнецк, Россия**

2 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия

**3 – Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия**

4 – ООО «РТ-Инжиниринг», г. Москва, Россия

Аннотация. В статье показана необходимость создания систем автоматизации управления технологическими комплексами (САУ ТК) силами комплексного коллектива, включающего в свой состав ученых, преподавателей, проектировщиков и производственников. Представлен пример создания и результаты функционирования такого коллектива, созданного на базе научно-образовательных учреждений – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», Сибирский государственный индустриальный университет, проектных институтов – ОАО «Кузбасгипрошахт» (г. Кемерово), АО «Тяжпромсервис» (г. Новокузнецк), ООО «Гипроуголь» (г. Новосибирск) и производственной компании – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк). Определены перспективы развития комплексного коллектива.

Ключевые слова: система автоматизации управления, углеобогащательная фабрика, угольная шахта, техническое обеспечение, информационное обеспечение.

Введение. К задачам создания современных систем автоматизации управления относятся как научно-технические задачи, так и организационные.

Среди научно-технических задач выделяют:

- содержательное осмысление задач синтеза и анализа систем управления с соблюдением основных принципов системного анализа;
- применение основ теории новых типов обратной связи для синтеза алгоритмов управления сложными нестационарными процессами в условиях неопределенности;
- комплексное применение подходов, методов и алгоритмов построения систем управления: натурный подход, модельный подход, натурно-модельный подход;
- развитие методов и алгоритмов объединения функций управления: контроля, идентификации, регулирования, планирования, оптимизации, моделирования.

Из основных организационных задач можно выделить:

- формирование и обеспечение постоянного функционирования коллектива исполнителей из представителей научных, образовательных, проектных, монтажных, пуско-наладочных организаций и промышленных предприятий;
- совершенствование системы защиты интеллектуальной собственности, в частности изобретений и полезных моделей;
- подготовка квалифицированных кадров.

Разработка и внедрение современных систем автоматизации управления включает научно-исследовательскую, образовательную, проектную и внедренческую деятельность. Для выполнения всех этих видов работ необходима интеграция соответствующих организаций.

Краткая характеристика комплексного коллектива по созданию систем автоматизации. В Кузбассе с 2001 года функционирует комплексный коллектив по

созданию систем автоматизации. Это ООО «Научно-исследовательский центр систем управления» (ООО «НИЦ СУ»), Сибирский государственный индустриальный университет (СибГИУ), проектные институты ОАО «Кузбассгипрошахт» (г. Кемерово), АО «Тяжпромсервис» (г. Новокузнецк), ООО «Гипроуголь» (г. Новосибирск) и ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк).

Руководители-организаторы коллектива доктора наук, профессора, выпускники СибГИУ: председатель совета директоров ООО «ОК «Сибшахтострой» А.А. Ивушкин и директор ООО «НИЦ СУ» Л.П. Мышляев.

Комплексным коллективом разработаны и внедрены системы автоматизации управления в основном в угольной отрасли (таблица 1), а также проведены научные исследования и подготовлены кадры высшей квалификации и специалисты по автоматизации.

Основные разработанные и реализованные системы автоматизации управления технологическими комплексами приведены ниже.

1. Углеобогатительные фабрики:

- ОФ «Антоновская», г. Новокузнецк, 2001 г.;
- ОФ «Бачатская-Энергетическая», г. Белово, 2003 г.;
- ОФ «Заречная-Спутник», г. Полысаево, 2004 г.;
- ОФ «Междуреченская», г. Междуреченск, 2005 г.;
- ОФ «Северная», г. Березовский, 2005 г.;
- ОФ «Листвяжная», г. Белово, 2006 г.;
- ОФ «Спутник», г. Полысаево, 2007 г.;
- ОФ «Бачатская-Коксовая», г. Белово, 2007 г.;
- ЦОФ «Березовская», г. Березовский, 2008 г.;
- ОФ «Карагайлинская», г. Киселевск, 2008 г.;
- ОФ «Восточная», пос. Липовцы, Приморский край, 2008 г.;
- ОУ разреза «Бачатский», г. Белово, 2009 г.;
- ОФ «Черногорская», г. Абакан, 2009 г.;
- ОФ «Тугнуйская» ОАО «СУЭК». Респ. Бурятия, 2011 г.;
- ОФ «Матюшинская», г. Прокопьевск, 2012 г.;
- ОФ «Садкинская», г. Шахты, 2013 г.;
- ОФ ОАО «СУЭК-Кузбасс» Шахта «Комсомолец». г. Ленинск-Кузнецкий, 2013 г.;
- ОФ «Талдинская-Западная», г. Новокузнецк, 2014 г.;
- ОФ «Калтанская-Энергетическая», г. Калтан, 2015 г.;
- ОФ «Шахта №12», г. Киселевск, 2017 г.;
- ЦОФ «Березовская», г. Березовский, 2017 г.;
- ОФ «Антоновская», г. Новокузнецк, 2017 г.;
- ОФ разреза «Барзасский», г. Березовский, 2018 г.;
- ОФ «Матюшинская», г. Прокопьевск, 2019 г.;
- ОФ разреза «Барзасский», г. Березовский, 2020 г.;
- ОФ «Шахта №12», г. Киселевск, 2020 г.;
- ОФ «Убинская», г. Белово, 2022 г.

2. Угольные шахты:

- шахта «Заречная», г. Полысаево, 2005 г.;
- шахта «Бутовская», г. Кемерово, 2006 г.;
- шахта «Южная», г. Кемерово, 2008 г.;
- шахта «Алардинская», г. Калтан, 2009 г.;
- шахта «Северная», г. Ургал, 2009.

Основные решения при создании современных систем автоматизации. Среди основных проектных и технологических решений автоматизированных промышленных комплексов нового поколения можно выделить:

- новые технологии и агрегаты обогащения углей [1];

- методы совместного проектирования технологических решений и систем автоматизации управления [2-3];
- общие структуры и алгоритмы управления объектами с переменной структурой, с положительными обратными связями (рециклами) [4];
- методы, структуры и алгоритмы, информационное, техническое и программное обеспечение систем удаленной пуско-наладки, сопровождения и развития комплексов автоматизации предприятий [5];
- интеграция импортных и отечественных программно-технических средств с последовательным импортозамещением [6].

Примеры реализованных систем автоматизации. Примеры угольных шахт и углеобогачительных фабрик нового поколения Кузбасса приведены на рис. 1.



ОФ «Калтанская-Энергетическая»
(г. Калтан)



ОФ «Междуреченская» (г. Междуреченск)



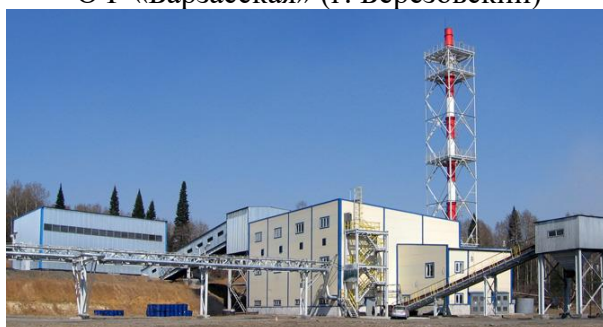
ОФ «Матюшинская» (г. Прокопьевск)



ОФ «Барзасская» (г. Березовский)



Шахта «Колмогоровская-2» (г. Белово)



Шахта «Южная» (г. Березовский)

Рис. 1. Примеры угольных шахт и углеобогачительных фабрик нового поколения Кузбасса

Примеры диспетчерских пунктов обогатительных фабрик и угольных шахт представлены на рис. 2.

Результаты разработки и внедрения систем автоматизации. Системы автоматизации нового поколения внедрены и успешно функционируют на 26 обогатительных фабриках, на 5 угольных шахтах. По результатам разработки и внедрения современных систем автоматизации управления технологическими комплексами угольной отрасли:

- издано 9 монографий, в том числе в центральных издательствах в соавторстве с ведущими академиками РАН;
- опубликовано более трехсот статей в отечественных и зарубежных научно-технических сборниках;
- получено 30 патентов на изобретения, в том числе зарубежные;
- защищено 15 диссертаций, в том числе 3 докторских, подготовлено более 100 квалифицированных специалистов;
- выполнено госбюджетных и прикладных исследований на сумму около 400 млн. руб.
- разработки удостоены Премии Правительства РФ в области науки и техники, Гран-При и золотых медалей международных выставок.



ОФ «Заречная-Спутник»
(г. Полысаево), 2004 г.



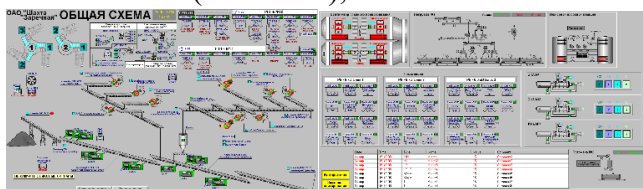
ОФ «Междуреченская»
(г. Междуреченск), 2005 г.



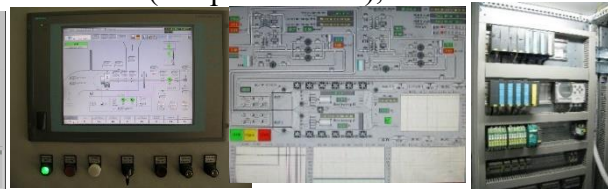
ОФ «Калтанская-Энергетическая»
(г. Калтан), 2015 г.



ОФ «Матюшинская»
(г. Прокопьевск), 2015 г.



Шахта «Заречная» (г. Полысаево), 2005 г.



Шахта «Алардинская» (г. Калтан), 2009 г.

Рис. 2. Диспетчерские пункты обогатительных фабрик и угольных шахт

В настоящее время ведутся работы по созданию систем автоматизации на Рубцовской обогатительной фабрике – стадия пуско-наладки и опытно-промышленных испытаний (г. Рубцовск, Алтайский край), по развитию систем автоматизации на ОФ «Шахта №12» (г. Киселевск) и ОФ «Барзасская» (г. Березовский).

Выполняются проекты по модернизации систем автоматизации Коксохимического производства АО «ЕВРАЗ ЗСМК», по анализу и разработке рабочей документации на уже действующие системы (поставлены без документации) с ограничениями на вмешательство в работу действующих систем, развитие системы автоматизации на ОФ «Шахта №12».

Успешно функционирует в режиме реального времени инфокоммуникационная сеть, объединяющая новые обогатительные фабрики Кузбасса с информационным центром в СибГИУ, где реализованы цифровые двойники ОФ для их сопровождения и для обучения персонала.

Дальнейшее развитие комплексного коллектива по созданию систем автоматизации требует решения следующих задач:

– создание в Кузбассе объединенного диссертационного совета по специальностям:
2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования, 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами;

– разработка областных действенных нормативных положений, направленных на стимулирование создания интеллектуальной продукции (патенты на изобретения, полезные модели) и ее коммерциализации наряду с материальной продукцией;

– усиление подготовки специалистов для проектных организаций;

– создание при НОЦ Кузбасса лаборатории (центра) по разработке отечественного алгоритмического, программного и технического обеспечения современных систем автоматизации управления типовыми объектами горного и металлургического производства мирового уровня.

Вывод. Наличие комплексного коллектива с отлаженным организационным механизмом и полученные результаты работы этого коллектива дают основания для реализации систем автоматизации управления технологическими комплексами угольной отрасли любой сложности.

Список литературы

1. Сазыкин Г.П., Синеокий Б.А., Мышляев Л.П. Проектирование и строительство углеобогачительных фабрик нового поколения. – Новокузнецк: СибГИУ, 2003. – 127 с.

2. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 3-х томах Т.1: Анализ и статистическая динамика систем автоматического управления / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 748 с.

3. Рыков А.С. Методы системного анализа: оптимизация. – М.: НПО «Издательство «Экономика», 1999. – 255 с.

4. Емельянов С.В. Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.

5. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: монография в 3-х т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения / Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Г.П. Сазыкин [и др.]; под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.

6. Планирование создания и испытание автоматизированных промышленных комплексов (на примере углеобогачительных фабрик): учеб. пособие / А.А. Ивушкин, В.В. Грачев, Л.П. Мышляев [и др.]. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2012. – 105 с.

УДК 681.5

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РУБЦОВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКОЙ

¹д.т.н. Ивушкин А.А., ^{2,3}к.т.н. Макаров Г.В., ^{2,3}к.т.н. Грачев В.В.,

³д.т.н. Мышляев Л.П., ^{2,3} Свинцов М.М., ^{2,3}Загидулин И.Р., ^{2,3}Курышев Е.В.

1 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия

2 – Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия

3 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,
г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. В статье представлены обобщенная функциональная и укрупненная техническая структуры системы автоматизации управления Рубцовской обогатительной фабрикой. Приведено описание информационного, программного и технического обеспечения системы.

Научное издание

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Компьютерная верстка Л.Д. Павловой

Подписано в печать 21.05.2024 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 20,80 Уч.-изд. л. 22,09 Тираж 1000 экз. Заказ 97

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Издательский центр СибГИУ