

ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

РАМАЗАНОВ СУЛТАНАХМЕД КУРБАНОВИЧ

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-
ТРАНСПОРТНЫМ КОМПЛЕКСОМ В СИСТЕМЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Специальности: 05.26.05. Инженерная экология,
05.22.12. Промышленный транспорт

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискании ученой степени
доктора технических наук

Луганск 1997

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена на кафедре технической кибернетики
Восточноукраинского государственного университета

Научный консультант: докт. техн. наук, профессор
Ульшин Виталий Александрович

Официальные опоненты: докт. техн. наук, профессор
Кипко Эрнест Яковлевич;
докт. техн. наук, профессор
Загарий Геннадий Иванович;
докт. техн. наук, профессор
Ткачев Виктор Васильевич

Ведущее предприятие – Национальный технический университет (КПИ)

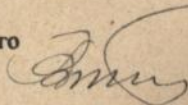
Защита состоится "24" апреля 1997 г. в 12 час. на заседании
специализированного ученого совета Д18.02.02 при Восточноукраинском
государственном университете.

Отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по
адресу: 348034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20-а, Спецсовет Д 18.02.02.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан "6" апреля 1997 г.

Ученый секретарь специализированного
совета, д. т. н., профессор



В.А. УЛЬШИН

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00752155 (P)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ, АКТУАЛЬНОСТИ И СТЕПЕНИ ИССЛЕДОВАННОСТИ ТЕМАТИКИ ДИССЕРТАЦИИ

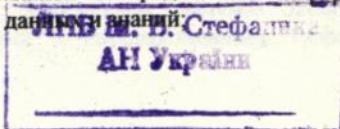
Современный период общественного развития Украины характеризуется не только серьезными экономическими катаклизмами, но и сложным техногенно-экологическим кризисом. Уровень экологического состояния в стране стал небезопасным не только для нынешнего, а в большей степени для будущих поколений. В связи с этим возникла острейшая необходимость в совместных конкретных действиях всех стран планеты, направленных на защиту экосистемы всей Земли. На Украине начата разработка эффективной экологической политики и уже на государственном уровне приняты ряд важнейших документов: "Государственная программа охраны окружающей природной среды и рационального использования ресурсов", Постановления Кабинета министров Украины ("Про затвердження Положення про державний моніторинг навколишнього природного середовища" від 23 вересня 1993 р. № 785," Про реалізацію пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки" від 22 червня 1994 р. № 429 та ін.). Успех реализации этих и других мероприятий во многом зависит не только от создания и практического использования новых технических средств и технологий очистки загрязненных компонент окружающей природной среды (ОПС) и ликвидации отходов, но и от разработки и внедрения принципиально новых подходов и создания многоуровневых интегрированных автоматизированных систем экологического мониторинга (СЭМ), управления и принятия экологических решений в условиях производств на базе современных теорий, методов и средств синтеза сложных информационно-компьютеризованных систем и технологий, теории систем управления и системного анализа, а также инженерных методов проектирования и компьютерного менеджмента. Такой подход основывается на принципе важности экологического контроля и регулирования функционирования самого источника загрязнения, а не последствий загрязнения ОПС. Поскольку данная проблема в целом является многоаспектной и междисциплинарной, необходимо привлечь для ее решения результаты многих научно-технических направлений:

- теория систем, системный и комплексный подход, позволяющие учесть как взаимосвязь 3-х типов процессов - экологические, производственно-транспортные и рыночные, так и многоуровневость СЭМ (локальная, региональная, государственная и мировая);

- методы информационно-компьютерных технологий и концепция 4-х "И" (информатизация, интеграция, интеллектуализация, индивидуализация);

- методы современной теории управления, проектирования и принятия решений, в том числе теория компьютерного моделирования сложных систем, робастное, гарантированное, адаптивное и интеллектуальное управление;

- методы и языки описания сложной неопределенной информационной обстановки, в том числе расплывчатых данных и знаний



- методы, учитывающие "НЕ-факторы" (нелинейность, нестационарность, неопределенность, нечеткость, недетерминированность и др.) и "МНОГО-факторы" (многокритериальность, многомерность, многоуровневость и др.);
- методы компьютерного проектирования технических систем, в том числе информационно-измерительных экологических приборов, средств и технологий очистки и утилизации и др.

Отметим, что из числа промышленных регионов Украины ее Восточный регион на сегодняшний день является наиболее экологично неблагополучным. Несмотря на принимаемые меры, экологическая ситуация в Луганской области остается напряженной, а в городах Алчевске, Лисичанске, Луганске, Рубежное и Северодонецке - критической. Основными виновниками такой обстановки являются промышленные предприятия, плотность размещения которых самая высокая из всех областей Украины. Значительным источником загрязнения ОПС при этом является производственная деятельность углеобогащительных фабрик (ОФ), которые являются сложными производственно-транспортными комплексами. Наиболее интенсивными являются пылегазовые выбросы и сточные воды. Основными видами загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, является угольная и породная пыль, оксиды углерода и азота, сернистый ангидрид и сероводород. Производственные сточные воды содержат твердые частицы минерального и органического происхождения, а также растворенные минеральные соли: хлориды, нитраты, нитриты, сульфаты и др.

В среднем ОФ выбрасывает в атмосферу около 20 кг/ч пыли, 30 кг/ч оксида углерода, 50 кг/ч диоксида серы, свыше 6 кг/ч диоксида азота. В сточных водах содержится 1600-4000 мг/л растворенных солей, остатки флотореагентов и нефтепродукты.

При этом проведенный анализ состояния проблемы создания локальных и региональных систем экологического мониторинга и контроля на основе ПТК показал, что существующие разработки в основном посвящены организации информационно-справочных и поисковых систем и создания отдельных технических средств контроля и очистки выбросов в экосреды.

Для стационарных промышленных объектов типа углеобогащительные фабрики, металлургические комбинаты, химические и нефтеперерабатывающие производства и др. полностью отсутствуют научные основы и методы создания унифицированных интегрированных систем автоматизированного управления и принятия решений в условиях информационной недостаточности и неопределенности для их функционирования в СЭМ. Поэтому предлагаемые исследования и разработки являются весьма актуальными.

Таким образом, возникает научно-техническая проблема создания интегрированной автоматизированной системы управления и принятия эколого-экономических решений для производственно-транспортных процессов ОФ, функционирующих в системе эколого-экономического мониторинга.

ЦЕЛЬ И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ц е л ь ю диссертационной работы является создание интегрированной автоматизированной системы управления производственно-транспортными процессами ОФ, обеспечивающей повышение экологической безопасности ОПС при отсутствии полной информации, ее расплывчатости и неопределенности.

Для достижения поставленной цели необходимы разработка и исследование:

- концепции и принципов создания интегрированных автоматизированных интеллектуальных систем управления производственно-транспортными комплексами ОФ и принятия решений в системе экологического мониторинга при отсутствии полной информации, ее расплывчатости и неопределенности;
- комплексных эколого-экономических критериев глобального и локального управления и принятия решений для ОФ;
- экологических и транспортно-производственных моделей и алгоритмов функционирования ОФ, в том числе элементов автоматизированной системы оперативного диспетчерского управления и планирования ;
- методов и алгоритмов оценивания, моделирования и прогнозирования состояния атмосферного воздуха в зоне ОФ в условиях стохастической неопределенности;
- интегрированной автоматизированной системы управления ОФ с использованием методов интеллектуализации и нечетких гибридных регуляторов, функционирующих в условиях смешаной неопределенности и на основе сети АРМов всех уровней;
- промышленная реализация программно-математических комплексов для подсистем ИАСУ ОФ, функционирующей в условиях СЭМ.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО НАУЧНОЙ НОВИЗНЫ

Теоретическая ценность исследования заключается в том, что создана единая концепция, принципы, критерии, методы и модели интеллектуализации и интегрированного автоматизированного управления и принятия решений производственно-транспортным комплексом как сложной логистической системы в условиях экологического мониторинга, которые пригодны для промышленных объектов непрерывного и непрерывно-дискретного характера.

Практическая ценность диссертации состоит в возможности широкого применения созданного математического и программного обеспечения интегрированного комплекса управления углеобогащательными технологиями на основе интеллектуальных систем с учетом смешанного неопределенного и нечеткого информационного поля в современных системах экологического мониторинга (локальных, региональных и государственной). Разработанные

методы, модели и программные пакеты могут быть научно-методической основой при создании современных интегрированных АСУ не только для ОФ, но и для стационарных загрязняющих объектов других промышленных производств. Отдельные разработанные подсистемы, такие как компьютерная система автоматизированного проектирования, диагностирования, АРМы и др. могут быть применены как автономно, так и в различных комплексах.

Научная новизна результатов исследований в диссертационной работе заключается в том, что:

- ♦ впервые на основе системных исследований разработаны единая концепция и принципы создания интегрированных автоматизированных систем управления и принятия решений производственно-транспортными комплексами ОФ в виде логистической структуры, функционирующей в системах экологического и экономического мониторинга;
- ♦ разработаны и исследованы новые общесистемные (интегральные) и локальные технологическо-экономические и экологические критерии управления всеми процессами в условиях недостаточности измерительной информации и смешанной неопределенности;
- ♦ разработана методика автоматизации и оптимизации выбора моделей технологических схем и процессов с учетом экологических параметров и принятия оперативных решений в условиях нечеткой информации;
- ♦ разработаны модели, методика и алгоритмы синтеза гибридных регуляторов для управления отдельными технологическими процессами ОФ;
- ♦ разработана типовая структура интеллектуального АРМ и соответствующее программно-математическое обеспечение для ряда АРМов организационно-экономического и экологического управления ОФ;
- ♦ разработаны обобщенная транспортно-экологическая потоковая модель ОФ в виде матричного билинейного дифференциального уравнения в пространстве состояний, включающая векторы локального и координирующего (диспетчерского) управления, а также подсистема автоматизации транспортного узла (подсистема "Транспорт"), обеспечивающая снижение экологического ущерба ОПС;
- ♦ разработаны и обобщены динамические модели краткосрочного и долгосрочного прогнозирования состояния атмосферного воздуха в зоне источников загрязнения ОФ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РЕАЛИЗАЦИИ И ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК

Основные результаты диссертационной работы получены при выполнении хозяйственных и госбюджетных НИР в рамках следующих научно-технических целевых комплексных программ и планов: программа ГКНТ "Перспективные и информационные технологии"; комплексная программа Минвуза УССР

"Интегральные роботы"; НТП "Информатизация и комплексная автоматизация"; комплексная программа метрологического обеспечения ИИС, АСУТП, ГПС в отраслях народного хозяйства (1986-1990гг.); ЦКП "Информатика и информатизация региона - АСУ-регион (1987-1991) "; ЦКП Минвуза СССР "Автоматизация научных исследований" (№ 1063, Задание 2.4.05); специальные Постановления СМ СССР №№ 187, 1206-371 (Задания 02.03) ; комплексная программа "Кибернетика" научного совета АН УССР; программа Министерства образования Украины по выполнению научных исследований и разработок по приоритетным направлениям развития науки и техники "Перспективные информационные технологии, приборы комплексной автоматизации, системы связи".

Результаты диссертационной работы нашли практическое применение в следующих организациях и предприятиях: 1. В институте "НИПИУглеавтоматизация" (г. Луганск) при проектировании и внедрении новых подсистем в ИАСУ ОФ: общая концепция и методы построения интегрированных интеллектуальных систем экологического мониторинга, управления и принятия экономико-экологических решений для ИАСУ ОФ; комплексные технологико-экономические и экологические критерии управления и принятия решений для обогащательных фабрик; методы, алгоритмы и программное обеспечение гибридных интеллектуальных регуляторов, основанных на нечеткой базе знаний для автоматизированного управления отдельными технологическими процессами и обогащательными объектами; методы создания гибридных систем экологического мониторинга, управления и принятия решений в условиях нечеткой информационной обстановки; интегральную экологическую модель углеобогащательной фабрики и ее технологических процессов; алгоритмы и программные средства контроля и диагностирования объектов ОФ на основе современных информационных технологий; программное обеспечение АРМов для сетевого экологического мониторинга и менеджмента углеобогащательных фабрик. 2. В ПО "Краснодонуголь", ПО "Луганскуголь" и на ЦОФ "Самсоновская", "Луганская-1", "Суходольская" и "Комендантская" (Луганская область). Ряд положений, методов, алгоритмов и программных систем, разработанных на базе ПК IBM PC AT нашли применение в учебном процессе и научно-исследовательской работе на кафедрах Восточноукраинского госуниверситета, и Донецкого государственного технического университета.

Практическое внедрение результатов работы подтверждаются соответствующими документами, приведенными в приложении к работе.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АПРОБАЦИИ И ПУБЛИКАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ, НАУЧНЫХ СТРУКТУРЕ И ОБЪЕМЕ РАБОТЫ

Основные положения и результаты диссертационной работы были обсуждены на: Всесоюзной конференции "Состояние, перспективы разработки и применения средств вычислительной техники для управления ТП и автоматизации

научного эксперимента" (г.Москва, 1979г.), республиканской конференции "Вычислительная математика и современный НТП"(г.Киев,1982г.), Всесоюзной НТК "Интенсивные и безотходные технологии и оборудование" (г. Волгоград, 1991г.), Региональной НПК студентов и молодых ученых "Экология промышленного региона Донбасса" (г.Луганск, 1992г.), Региональной НТК "Моделирование и управление в технических системах" (г.Ташкент, 1991 г.), Международной НТК "Актуальные проблемы фундаментальных наук" (г. Москва, 1992г.), Международной научно-практической конференции "Университет и регион" (г.Луганск, 1994г.), Научно-технической конференции "Экология промышленного региона" (г. Донецк, 1995 г.), III-й научно-технической конференции "Контроль и управление в технических системах" (г. Винница,1995г.), Научно-технической конференции "Ресурсосбережение и экология промышленного региона" (г. Макеевка, 1995 г.), II-й Украинской конференции по автоматическому управлению (г. Львов, 1995г.), Научно-методической конференции по проблемам экономической кибернетики (г.Донецк,1995г.), Международной конференции " Новые компьютерные технологии АСУП и САПР в промышленности" (г. Киев,1995), III-й Международной научно-технической конференции "Проблемы экологического мониторинга и охраны труда" (г. Севастополь, 1995г.), IV-й Украинской научно-практической конференции "Региональные экологические проблемы Закарпатья и пути их решения" (г.Ужгород,1995г.), Международной научно-практической конференции "Автоматизация проектирования и производства изделий в машиностроении" (г. Луганск, 1996), Научно-практической конференции "Освіта та положення регіону у перехідний період" (г. Луганск, 1996).

Диссертационная работа в целом рассмотрена и одобрена на Научном семинаре Восточнoукраинского государственного университета(ВУГУ), на НТС электротехнического факультета и на семинарах кафедры "Техническая кибернетика" ВУГУ (1996 и 1997 гг.).

Публикации. Основные положения и результаты исследований диссертации опубликованы в 62 печатных работ, в том числе и одна монография.

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы из 245 наименований и приложений. Объем диссертации 396 с., из них 292 с. основного текста, 75 рисунков, 18 таблиц.

ДЕКЛАРАЦИЯ КОНКРЕТНОГО ЛИЧНОГО ВКЛАДА ДИССЕРТАНТА В РАЗРАБОТКУ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, КОТОРЫЕ ВЫНОСЯТСЯ НА ЗАЩИТУ

Лично автором диссертации разработаны: общая концепция и принципы создания интегрированной АСУ логистической системы производственно-транспортного комплекса ОФ с элементами интеллектуализации управления и принятия решений на всех уровнях, функционирующей в условиях СЭМ, обобщенные эколого-экономические и технологические критерии планирования и

управления, модели и алгоритмы прогнозирования состояния атмосферы в зоне ОФ, математическое обеспечение учета, планирования и управления транспортными потоками. модели и алгоритмы оперативного диспетчерского планирования технологических схем и моделирования и управления технологическими процессами ОФ с учетом экологических параметров, компьютерная система проектирования технологических объектов углеобогащения, методы и программное обеспечение для диагностики состояния оборудования и соответствующие программные комплексы.

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОЛОГИИ, МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДМЕТА И ОБЪЕКТА

Для решения поставленных задач в работе используется методология системного анализа и системный подход, современная теория автоматического и автоматизированного управления и проектирования сложных многоуровневых иерархических систем, методы новых информационно-компьютерных технологий и концепция "4-х И", теории случайных процессов, нечеткого анализа и интеллектуальных систем, оптимизации и исследований операций и др.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается:

- полученной точностью результатов как краткосрочного, так и долгосрочного прогноза состояния атмосферы в зоне ОФ по более адекватным марковским и динамическим моделям на основе имитированных и экспериментальных данных (1.3-2.7% на шаг);
- сравнительной оценкой реальных и имитационных результатов планирования и прогнозирования транспортных потоков на основе конкретных ситуационных наблюдений и данных для транспортных узлов ОФ "Суходольская" и "Самсоновская" (например, снижение времени простоя на 0.5-0.8 ч.);
- адекватностью полученных моделей ТС и ТП ОФ на основе данных ЦОФ "Комендантская" и реальных наблюдений и оценок;
- точностью, устойчивостью и простотой получения динамических характеристик технологических процессов отсадки и флотации ОФ на основе предложенного метода решения систем интегральных уравнений Фредгольма I-рода;
- корректным использованием гибридных баз данных и знаний, содержащих как классическую информацию, так и трудноформализуемую и расплывчатую информационную базу;
- сходимостью предложенных алгоритмов итерационного и имитационного поиска эффективного решения.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ И ФОРМУЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ВЫВОДОВ, ВЫТЕКАЮЩИХ ИЗ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Во введении обосновывается актуальность работы, характеризуется научная новизна, цель и задачи исследований и кратко описывается содержание диссертации.

В первой главе рассмотрено состояние вопроса автоматизации обогатительных фабрик как объекта экологического мониторинга и управления и как сложной неоднородной производственно-транспортной системы. Дана характеристика эволюционным процессам в теории интеллектуализации управления сложными производственными системами, показаны проблемы создания интегрированных информационно-компьютерных комплексов и отмечено значение априорного информационного объема в задачах принятия управленческих решений на разных уровнях ИАСУ ОФ.

Состояние проблемы. Одним из направлений развития угольной промышленности является создание систем автоматизации процессов и производств, обеспечивающих оптимизацию их функционирования в непрерывно меняющихся условиях и снижающих уровень загрязнения окружающей среды. Опыт автоматизации обогатительных фабрик показал ее высокую эффективность, обусловленную специфическими особенностями горного производства.

В связи с этим автоматизация технологических процессов и производства в целом приобретает все возрастающее значение, так как она призвана обеспечить повышение производительности, улучшить качество продукции, снизить потери угля с отходами, решить социальные проблемы повышения безопасности и загрязнения окружающей среды, снижения трудоемкости и улучшения условий труда, повышения его престижа и интеллектуального содержания.

В настоящее время на обогатительных фабриках используются системы автоматического управления (САУ) отдельными функциями и режимными параметрами, коррелированными с качеством конечных продуктов. Имеются разработки комплексных систем автоматизации технологических процессов по конечным показателям качества (зольности, влажности концентрата и др.), которые не нашли еще широкого применения из-за низкой надежности средств отбора информации о качестве концентрата и сложного характера динамических процессов, для которых невозможно создать традиционными методами. Еще хуже обстоят дела с созданием и внедрением АСУ ОФ. На Украине внедрена АСУ лишь на ЦОФ "Свердловская", функционирующая в информационном режиме. Научный уровень технических решений в таких АСУ не соответствует современному уровню, так как не автоматизированы функции принятия управленческих решений при нечеткой информации и в условиях смешанной неопределенности, не используется опыт и знания специалистов, отсутствуют исследования и разработки создания средств и методов экологического мониторинга.

Поэтому важное значение для решения проблемы снижения вредного воздействия производственной деятельности ОФ на ОПС в условиях учета современных рыночных процессов приобретает создание интегрированной интеллектуальной автоматизированной системы экологического мониторинга, управления технологическими процессами углеобогащения и принятия управленческих эколого-экономических решений на основе принципов системного подхода и методов математического моделирования и идентификации, статистической обработки информации, систем управления базами данных и знаний, методов современной теории управления (в том числе с нечеткой логикой) и компьютерных технологий. Необходимо, чтобы разрабатываемая система удовлетворяла всем основным принципам и требованиям по международному мониторингу ОПС и приемлема для аналогичных предприятий при создании региональных систем экологического мониторинга.

Обобщенная модель ОФ как объекта управления. Любое предприятие в общем случае может быть представлено взаимодействующими потоками вещества, энергии и информации. Модель ОФ можно представить в виде:

$$Y = F\{X, U, Z\}, \quad (1)$$

где $X = (x_1, x_2, \dots, x_8)$ - вектор входных материальных потоков; $Z = (z_1, z_2)$ - вектор входных энергетических потоков; $U = (u_1, u_2, u_3)$ - вектор информационных потоков; $Y = (y_1, \dots, y_4)$ - вектор выходных материальных потоков; F - оператор преобразования входных потоков X, Z, U в выходные Y ; x_1 - поступающий на ОФ рядовой уголь; x_2 - воздух, используемый для обогащения и обработки продуктов; x_3 - чистая вода из природных источников; x_4 - топливо (мазут, газ и др.); x_5 - электроэнергия; x_6 - магнетит для тяжелосреднего обогащения; x_7 - реагенты для флотации и флокуляции; x_8 - порожние транспортные средства (вагоны, автомобили). z_1 - расход электроэнергии; z_2 - расход топливной энергии; u_1 - информация о сырьевой базе; u_2 - информация от вышестоящего уровня управления; u_3 - информация о состоянии рынка сбыта продукции; y_1 - выпуск товарных продуктов; y_2 - выпуск отходов обогащения; $y_3 = \{C_1, C_2, \dots, C_6\}$ - вектор выбросов вредных веществ в атмосферу; C_1 - угольная и породная пыль; C_2 - диоксид серы (сернистый ангидрид, SO_2); C_3 - сероводород (H_2S); C_4 - оксид углерода (CO); C_5 - диоксид углерода (CO_2); C_6 - оксид азота (NO); y_4 - сбросы ливневых и талых вод. При этом некоторые компоненты векторов X, Y, U, Z представляют собой также векторы с соответствующими компонентами.

Таким образом, ОФ функционирует во взаимосвязи с окружающей средой, потребляя природные ресурсы и занимая земельные площади и выделяя в нее товарные продукты, отходы, вредные выбросы в атмосферу и нефтепродукты, и твердые частицы со сточными водами.

Качество товарных продуктов также оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду при сжигании (химсостав золы, содержание в угле серы, фосфора и др.). Занятые под промплощадку фабрики, отходы и илоседелители земельные участки являются источниками загрязнения окружающей среды (пыль, газ от возгорания и др.).

Структуру ОФ как объекта управления можно представить совокупностью экономических, технических и технологических служб (подсистем) во взаимодействии с управляющими и внешней средой. Вместе с тем необходимо учитывать, что в каждой из выделенных служб формируются управляющие воздействия различного функционального назначения в зависимости от горизонта планирования. По этому признаку целесообразно произвести декомпозицию ОФ как объекта управления на три иерархические уровня: 1) технологические процессы - нижний уровень предусматривает управление в реальном масштабе времени; 2) производство ОФ в целом - средний уровень предусматривает оперативное диспетчерское управление в реальном масштабе времени, а также и элементы планирования на период времени небольшой длительности (час, смена, сутки); 3) организационно - экономическая деятельность - верхний уровень предусматривает управление на длительные сроки (неделя, месяц, квартал, год и т.п.).

Каждый уровень управления ОФ содержит подсистемы, выделяемые по различным признакам: функциональные подсистемы на уровне технологических процессов целесообразно выполнить по технологическому признаку; на уровне оперативно-диспетчерского управления - по функционально-технологическому и на уровне организационно-экономической деятельности - по функциональному признаку.

Отметим, что до настоящего времени автоматизация углеобогащительных фабрик осуществлялась без должного учета необходимости снижения вредных выбросов, а вопросам автоматизированного контроля и идентификации экологической ситуации не уделялось достаточного внимания. Поэтому для повышения экологической безопасности в результате производственной деятельности ОФ необходимо решить ряд проблем:

1. Управление экологической ситуацией путём непосредственного воздействия на ТП ОФ с целью их оптимизации по экономическим критериям с учётом экологических ограничений, обеспечивающего минимизацию или поддержание объёмов вредных выбросов на заданном уровне, например в пределах допустимых концентраций (ПДК).

2. Организационное управление с целью совершенствования технологии и соответствующего снижения уровня загрязнения окружающей природной среды путём замены устаревшего оборудования, внедрения новой техники и технологии.

3. Перспективное планирование разработок по созданию новых технологий, оборудования, систем управления и т.п.

Основными функциями ИАСУ ОФ являются следующие: автоматическое управление основными технологическими процессами в соответствии с локальными критериями управления; координация функционирования технологических процессов и производств как единой системы; автоматический контроль основных технологических параметров и расчёт технико-экономических показателей фабрики; централизованный текущий и интегральный учёт продуктов обогащения, материальных и энергетических ресурсов; оптимизация комплекса

процессов обогащения; формирование сообщений и выходных форм документов и их представление на видеотерминал и принтер по запросу.

ОФ как объект экологического мониторинга. ОФ как объект экологического мониторинга можно представить в виде следующего набора:

$$\text{ОФ} = \{\text{КУ}, \text{АС}, \text{СО}, \text{ПО}, \text{Т}\},$$

где КУ - котельные установки, АС - аспирационная система, СО - сушильное отделение, ПО - породные отвалы, Т - транспорт.

Наиболее интенсивными источниками загрязнения окружающей среды являются пылегазовые выбросы, процессы погрузки, транспортирования и разгрузки угля. Источниками загрязнения поверхностных и подземных водных бассейнов являются производственные сточные воды, сточные воды с породных отвалов, а также хозяйственно-бытовые стоки. Отходы обогащения флотацией в своем составе содержат жидкую, твердую и газообразную фазы, занимают значительные земельные участки и заметно оказывают вредное воздействие на окружающую среду (рис. 1).

Для анализа ОФ как объекта экологического мониторинга удобно представить ее технологическую схему в виде транспортной системы, состоящей из трех подсистем: внешнего транспорта (железнодорожные вагоны для доставки рядовых углей, автомобили для вывоза породы, трубопроводы для подачи рядовых углей), внутреннего транспорта сухих и влажных продуктов, шламов, чистой и технической воды (конвейеры, элеваторы и трубопроводы и др. Подсистему непрерывного транспорта сухих и влажных продуктов для упрощения будем называть подсистемой конвейерного транспорта. В эту подсистему входят все процессы, где преобразование рядового угля в концентрат или его обезвоживание осуществляется в процессе перемещения (сушилки, грохота, элеваторы, дуговые сита и др.).

При таком представлении выделение вредных веществ в окружающую среду происходит при транспортировке угля и продуктов его преобразования (угольная и породная пыль, зола, диоксиды азота и серы, оксид углерода, сероводород).

Угольная пыль образуется при дроблении, транспортировке и переработке угля, что является источником выделения угольной и породной пыли внутри производственных помещений и в атмосферу. Особенно велики выбросы пыли в отходящих газах сушильных установок. В производственных помещениях угольная пыль может создавать взрывоопасные смеси.

Источниками выделения в атмосферу диоксидов серы и азота, оксида углерода являются топочные устройства сушильных установок и котельных при сжигании угля в качестве источника тепла для нагрева воды и получения сушильного агента. Породные отвалы являются значительными источниками образования пыли. Вблизи породных отвалов содержание пыли в атмосфере достигает 90 мг/м³, а если ствал горит, то и выше.

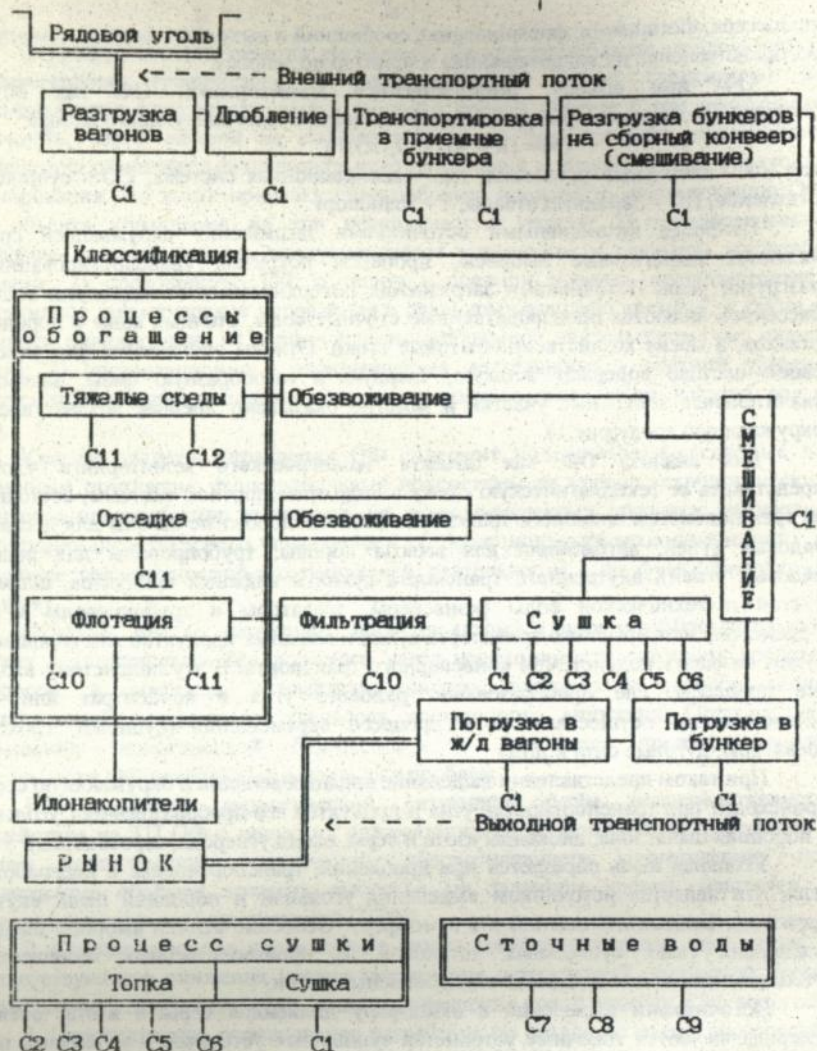


Рис. 1. ОО как объект экологического мониторинга и транспортных потоков: С1 - угольная пыль; С2 - зола; С3 - оксид углерода; С4 - диоксид серы; С5 - диоксид азота; С6 - сероводород; С7 - нефтепродукты; С8 - твердые частицы; С9 - растворы и основания; С10 - флотореагенты, флокулянты; С11 - порошковые отходы; С12 - магнетит.

Самыми мощными источниками загрязнения атмосферы являются термическая сушка угольного концентрата и аспирационные системы фабрики, через которые выбрасывается угольная пыль из производственных помещений. В этом смысле аспирационные системы могут рассматриваться как объекты образования угольной пыли. При термической сушке выделяется пыль, образующаяся непосредственно из высушенного угля, сернистый ангидрид, диоксид азота и оксид углерода, выделяемые при сжигании топлива в топочных устройствах. Интенсивность выделения указанных веществ в атмосферу зависит от режимов работы процессов горения и сушки и эффективности фильтрования выбрасываемых в атмосферу газов.

Поэтому необходимо управление этим объектом вести по критерию, учитывающему степень загрязнения окружающей среды.

Производственные сточные воды образуются отходами флотации и в виде шламовых вод. Они представляют собой гидросмесь, состоящую из жидкой фазы (95-98%), газообразной (растворенный в воде воздух) и твердой минеральной и органического происхождения с размерами частиц до 50 мкм и содержанием твердого (80-95%). В воде растворены минеральные соли (хлориды, нитраты, нитриты, сульфаты и др.). Кроме того, в сточных водах находятся нефтепродукты и вредные для здоровья флотореагенты и флокулянты. В среднем содержание взвешенных частиц в дождевой воде, стекающей с промплощадки фабрики, составляет свыше 2000 мг/л, а средний объем поверхностных стоков - 2,6-4,0 тыс. м /год с одного га промплощадки.

Существует тенденция роста породных примесей, что ведет к увеличению объемов отходов обогащения. Возрастает также и объем обогащения мелких классов угля, что сопровождается увеличением выпуска отходов флотации и количества сушимого угля. Это в конечном итоге приводит к выбросам больших количеств пыли и газов в атмосферу.

Унос пыли зависит от влажности просушиваемого материала. При просушивании угля снижается производительность сушильной установки по сырому углю, нарушается режим работы пылеулавливающих аппаратов, увеличивается содержание частиц пыли размером 0-5 мкм в отработанном газе, возникают дополнительные потери угля при подаче его на склад и при погрузке в вагоны.

Наиболее опасные для здоровья людей и окружающей природы являются выбросы в атмосферу сернистого ангидрида, оксида углерода, диоксида азота, сероводорода, а также загрязнение водных бассейнов и почв твердыми веществами, минеральными солями и нефтепродуктами.

Объектами экологического мониторинга должны быть прежде всего вредные выбросы, на которые государственными органами по охране природы и технологическими службами установлены нормативы и тарифы. Это угольная и породная пыль (зола), диоксиды азота и серы, оксид углерода, твердые частицы и нефтепродукты в сточных водах, потери легких фракций с отходами обогащения. Указанный перечень следовало бы дополнить минеральными солями в сточных водах, флотореагентами и флокулянтами в отходах обогащения.

На уровень загрязнения окружающей среды определенное влияние оказывают режимы работы соответствующих аппаратов и установок, в частности:

1) на выбросы пыли и вредных газов сушильных установок существенное влияние оказывает режим сжигания топлива и сушки. При механическом и химическом недожоге увеличивается количество пыли и оксида углерода, а при повышении температуры сушильного агента - диоксида азота. При снижении влажности просушиваемого угля повышается унос пыли и т.д.;

2) на величину потерь легких фракций с отходами обогащения значительное влияние оказывают режимы работы обогатительных аппаратов. При оптимизации режимов работы потери снижаются;

3) количество флотореагентов и флокулянтов, выбрасываемых с шламами зависит от режимов работы процессов флотации, обезвоживания и сгущения и т.п.

Поэтому, важным направлением снижения уровня загрязнения окружающей среды является автоматизация технологических процессов по критериям, учитывающим влияние на экологическую ситуацию, т.е. по эколого-экономическим и технологическим критериям.

Заметим, что в рядя работ предлагается совместить элементы экологического мониторинга с системой оперативно-диспетчерского управления СОДУ. Это решение ошибочно, поскольку в экологическом мониторинге решаются не только оперативные задачи, а и задачи анализа, прогноза, формирования отчетных документов и т.п. Поэтому диспетчеру фабрики необходимо выдавать информацию только о значениях экологических параметров, а задачи и функции экологического мониторинга целесообразно представить в подсистемы "АРМ эколога ОФ". В настоящее время эти функции выполняет заместитель главного инженера фабрики.

Подсистема экологического мониторинга должна выполнять следующие функции: сбор и обработка первичной информации о значениях параметров выбросов вредных веществ в окружающую среду; идентификация моделей технологических процессов фабрики как источников загрязнения окружающей среды; формирование корректирующих управляющих воздействий на системы управления локальных процессов с целью снижения концентрации выбросов вредных веществ; идентификация аварийных и предаварийных ситуаций в части экологической обстановки; формирование советов руководящему персоналу фабрики по совершенствованию техники и технологии обогащения; анализ и прогнозирование состояния экологических параметров ситуации в целом; рекомендации по выявлению и локализации источников загрязнения окружающей среды.

Проблемы автоматизации обогатительных фабрик. Общая концепция автоматизации углеобогатительных фабрик предусматривает создание трехуровневой интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ), включающей автоматизацию отдельных технологических процессов (АСУТП), автоматизированную систему оперативно-диспетчерского управления производством ОФ (АСОДУ) и автоматизированную систему организационно-экономического и экологического управления (АСОЭ и ЭУ).

В данной главе работы приведен анализ эволюционного процесса автоматизации и интеллектуализации управления и принятия решений ОФ, который условно разделен на четыре этапа. Настоящий четвертый этап, к которому принадлежит разработанная система, охарактеризован следующими принципами и свойствами:

1) интеллектуализация систем управления на основе использования экспертных систем управления в условиях неопределенности;

2) использование эколого-экономических критериев управления и соответственно создание в составе ИАСУ подсистемы экологического мониторинга, управления и критерия решений;

3) оптимизация технологического комплекса обогащения;

4) использование адаптивных и оптимальных САУ на нижних уровнях иерархии;

5) индивидуализация и создание АРМов различного функционального назначения;

6) создание локальных вычислительных сетей и общей вычислительной сети фабрики. Этими и другими свойствами обладает предлагаемая в работе система.

В существующих системах в качестве критерия управления предусмотрено использовать чисто экономический показатель - прибыль предприятия, а целью управления является максимизация прибыли. Для оперативного управления принят технологическо-экономический критерий следующего вида:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n G_{ki} \Pi_{ki} \left[1 - \alpha (A_{ki}^d - A_{ki}^{d*}) \right] \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$A_{k\Sigma}^d = \sum_{i=1}^n \Gamma_{ki} A_{ki}^d / \sum_{i=1}^n \Gamma_{ki} \leq A_{k\Sigma}^{d*}, \gamma_{\Sigma} \leq \gamma_{\Sigma}^*,$$

где G_{ki} , Π_{ki} - соответственно производительность и цена единицы массы концентрата i -го класса; A_{ki}^d , A_{ki}^{d*} - соответственно текущая и заданная зольность концентрата i -го класса; $\alpha = 0,025$ - коэффициент скидок и надбавок и цена; Γ_{ki} - выход концентрата i -го класса; $A_{k\Sigma}^d$, $A_{k\Sigma}^{d*}$ - соответственно текущая и заданная зольность суммарного концентрата, γ_{Σ} , γ_{Σ}^* - соответственно фактические и допустимые потери легких фракций с отходами обогащения.

Такой критерий не учитывает как изменения в экономике, связанные с переходом к рыночным отношениям и их переходным формам, так и не учитывает требования к снижению уровня загрязнения окружающей среды.

Хотя приведенная выше принципы и свойства в целом правильно отражают современные тенденции системной автоматизации промышленных предприятий, однако в ней не учитываются следующие факторы:

1) отсутствие технических средств измерения и контроля важнейших технологических и экономических параметров в технологических потоках (зольность

крупных классов угля, потери легких фракций с отходами обогащения, зольность отходов обогащения, запыленность выбрасываемых в атмосферу газов, влажность крупных классов угля и др.);

2) недостаточная надежность существующих средств и методов контроля качества продуктов обогащения (зольность мелких классов угля и его влажность), а также аппаратуры автоматизации технологических процессов;

3) отсутствие экономических и организационных возможностей оснащения всех фабрик современными средствами;

4) непригодность используемых критериев управления ОФ, не учитывающих необходимость повышения экологической безопасности.

Технологические процессы ОФ трудно поддаются автоматическому управлению в связи с большим количеством влияющих на конечный результат параметров, их нестационарности, значительному запаздыванию информации о качестве конечных продуктов и отсутствием необходимой измерительной информации и средств измерений. Поэтому на ОФ используются преимущественно САР отдельными режимными параметрами, в наибольшей мере коррелированными с показателями качества конечных продуктов. Это системы автоматической стабилизации высоты постели отсадочных машин, плотности минеральной суспензии тяжелосредних сепараторов и гидроциклонов, удельного расхода реагентов флотомашин, расхода флокулянтов процессов фильтрации флотоконцентрата и осветления отходов флотации и сточения шламовых вод, уровней в технологических емкостях и др. С указанных позиций соответствующие процессы, как объекты управления, достаточно хорошо исследованы, результаты которых обобщены в работах К.П.Власова.

При этом существующие критерии управления носят искусственный характер и не отражают сути и цели управления, поэтому в дальнейших модификациях аппаратуры для регулирования ТП был использован экономический критерий, близкий к (2). В целом недостатком такого подхода является игнорирование системных требований общезаводного критерия, в связи с чем он имеет ограниченную область применения, например, при обогащении антрацитов, когда концентраты различных классов крупности реализуются отдельно как товарные продукты. Таким образом, направление оптимизации отдельных процессов обогащения по критерию максимума стоимости товарных продуктов является ошибочным.

Для контроля технологических параметров созданы соответствующие датчики, входящие в состав аппаратуры, а также датчики контроля зольности, пригодные для автономного использования. АСУТП построены на базе микроконтроллеров Ремиконт, Ломиконт, МикроДат и др.

Недостатками созданной аппаратуры и используемой технической базы являются:

1) отсутствие унификации микропроцессорной техники, что не позволяет объединять АСУТП в локальную вычислительную сеть, т.е. низкий уровень интеграции с системами высших уровней иерархий;

2) в критериях управления не учитываются экологические показатели работы комплексов;

3) низкий уровень надежности средств отбора информации о качестве конечных продуктов и несовершенный метод их измерения в технологических потоках.

Последний недостаток приводит к тому, что верхний уровень управления качеством продуктов зачастую не работает, поэтому операторы процессов вынуждены управлять ими лишь системами нижнего уровня. Это приводит к сильной зависимости качества управления от квалификации операторов и соответствующему снижению эффективности функционирования комплекса и фабрики в целом.

Одним из направлений автоматизации таких объектов является интеллектуализация алгоритмов управления и использования гибридных систем управления.

В существующей концепции оперативно-диспетчерского управления производством ОФ поставлена задача объединения всех подсистем в локальную вычислительную сеть, однако такое техническое решение до настоящего времени не разработано. Основными недостатками современных АСОДУ являются:

- 1) функционирование в информационном режиме с фрагментами информационно-советующего класса;
- 2) отсутствует интеграция с АСУТП;
- 3) не решаются задачи диагностики состояния и прогнозирования развития ситуации;
- 4) значительная зависимость эффективности управления от субъективных качеств диспетчера;
- 5) не контролируется экологическая ситуация;
- 6) критерий управления не содержит ограничений по экологическим параметрам и не учитывает интенсивность загрязнения окружающей среды.

Таким образом, имеется необходимость разработки более совершенных АСОДУ, соответствующих современным требованиям. Одной из главных функций таких систем должна быть система экологического мониторинга, управления и принятия решений. Интеллектуализация процесса принятия решений повысит эффективность управления фабрикой и в значительной мере устраним субъективный фактор. Это особенно актуально в связи с отсутствием ряда важнейших средств автоматического контроля режимных и экологических параметров, обуславливающих принятия решений в условиях неопределенности.

Существующее направление автоматизации, организационно-экономической деятельности не соответствует современным условиям производства. К недостаткам существующей концепции можно отнести следующее:

- 1) не учтены все функции ОФ в части организационно-экономической деятельности, например, вопросы управления кадрами, службы АСУ, экологией, маркетинга и др.;
- 2) более целесообразным представляется создание АРМов, в которых могут быть более широко представлены сервисные функции;
- 3) рассмотренные выше подсистемы реализуют информационные функции, тогда как необходимы анализ, прогнозирование и формирование советов по управлению;

4) не рассмотрены конкретные методы и аппаратное обеспечение интеграции АСОЗ и ЭУ с другими подсистемами фабрики;

5) критерий управления не учитывает ограничения по загрязнению окружающей среды вредными отходами производства и выбросами, а также изменения экономической ситуации в стране. Следовательно, существующая концепция создания ИАСУ ОФ не соответствует современным требованиям и требуется ее разработка с учетом требований экологической безопасности и необходимости перехода к рыночным отношениям. В функциональном плане необходимо реализовать информационно-управляющий режим управления с использованием адаптивных и оптимальных систем управления, их интеллектуализации на всех уровнях иерархии.

Таким образом, возникает научно-техническая проблема синтеза интегрированной автоматизированной системы управления и принятия эколого-экономических решений с элементами интеллектуальности для производственно-транспортных комплексов, функционирующих в системе экологического и экономического мониторинга.

Интегрирование и интеллектуализация процессов автоматизации управления ОФ в СЭМ. Вторая глава диссертации посвящена вопросам исследования и разработки единой концепции и принципам создания интегрированных и интеллектуализированных систем автоматизации управления ОФ для СЭМ (т.е. систем типа "Х" - "Интегрированная интеллектуальная компьютеризованная система"), так как современная эколого-экономическая среда требует нового подхода к планированию, управлению и мониторингу производственных процессов. Этот подход затрагивает все аспекты организации производства и сбыта требует интеграции всех процессов мониторинга, управления и принятия решений в новой информационной среде. Такие интегрированные компьютеризованные системы позволяют более оперативно и гибко принимать различные управленческие решения, поставлять на рынок продукцию нужного качества, с меньшими затратами и, самое главное, с учетом экологической ситуации в зоне промышленного производства.

Системы типа "Х" ("Интегрированная интеллектуальная компьютеризованная система"), разработанная в данной работе являются компьютеризованными системами, построенные на основе принципов системного подхода и концепции 4-х "И", т.е. с максимальной интеграцией, интеллектуализацией, индивидуализацией и единой информационной базой, принципа максимального учета "НЕ - и МНОГО" - факторного синтеза, а также максимально возможной экологизации производственных процессов (т.е. получена концепция "4-х "И" + 2"). Системы типа "Х" относятся к классу больших и сложных логистических систем.

Основными направлениями интеграции подсистем в системе "Х" являются следующие:

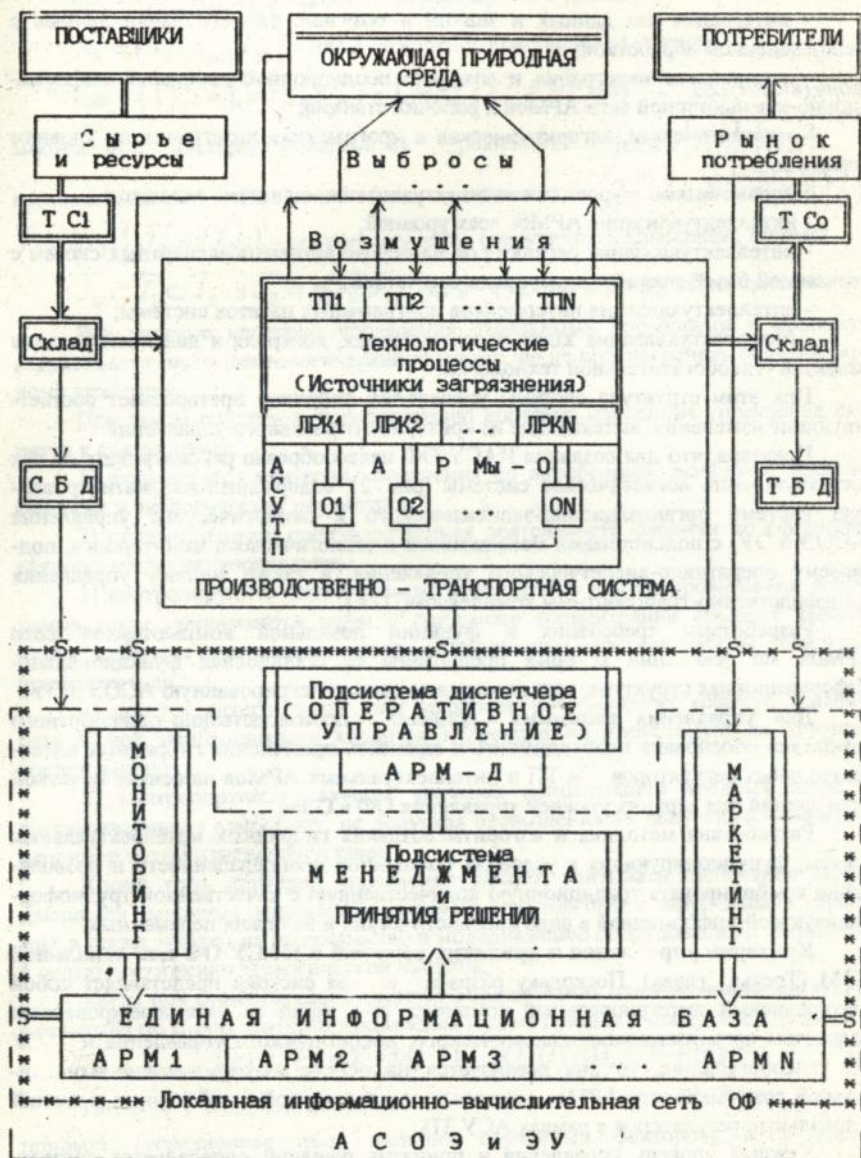


Рис. 2. Логистическая система ИАСУ ОФ: ТС1, ТС0 – входные и выходные транспортные средства; СБД, ТБД – БД по сырью и товару.

- интеграция баз данных и знаний и создание единого банка данных с распределенной обработкой;
- техническая интеграция и создание неоднородной локальной информационно-компьютерной сети АРМов и рабочих станций;
- математическая, алгоритмическая и программная интеграция по уровням иерархии.

Направлениями и уровнями интеллектуализации в системе являются:

- интеллектуализация АРМов всех уровней;
- интеллектуализация регуляторов на основе активных экспертных систем с смешанной базой знаний и в том числе с нечеткой;
- интеллектуализация интерфейсов программных пакетов системы;
- интеллектуализация задач проектирования, контроля и диагностирования объектов углеобогащительной технологии.

При этом структура системы управления фабрикой претерпевает соответствующие изменения, вытекающие из критерия оперативного управления.

Показана, что для создания ИАСУ ОФ целесообразно рассматривать ее как составную часть логистической системы (рис. 2), содержащей автоматизированную систему организационно-экономического и экологического управления (АСОЭ и ЭУ) с подсистемами менеджмента и экологического мониторинга, подсистему оперативно-диспетчерского управления, а также систему управления производственно-транспортным комплексом (ПТК).

Разработаны требования и функции локальной компьютерной сети АРМов, на основании которых предложена ее обобщенная функционально-информационная структура, позволяющая создать интегрированную АСОЭ и ЭУ.

Для управления сложными процессами производственно-транспортного комплекса обоснована необходимость и важность применения гибридных интеллектуальных регуляторов для ТП и интеллектуальных АРМов на основе нечеткой базы знаний для верхних уровней управления ОФ в СЭМ.

Разработана методика и алгоритм создания гибридных интеллектуальных систем, функционирующих в условиях смешанной неопределенности и позволяющие комбинировать традиционную количественную с качественной трудноформализуемой информацией в виде лингвистических и нечетких переменных.

Критерии управления и принятия решений в ИАСУ ОФ для локальной СЭМ (Третья глава). Поскольку разрабатываемая система представляет собой трехуровневый интегрированный комплекс, состоящий из автоматизированных подсистем организационно-экономического, диспетчерского управления и АСУ ТП углеобогащения, то она реализуется на основе информационно-вычислительной локальной сети АРМов верхних уровней с единой базой данных и знаний и локальных регуляторов в рамках АСУ ТП.

Каждый уровень управления и принятия решений определяется соответствующей тройкой:

$$T_i = \langle X_i^0, R_{0i}, J_{0i} \rangle - \text{для } 0\text{-го технологического уровня,}$$

$D_j = \langle X_j^1, R_{1j}, J_{1j} \rangle$ - для 1-го диспетчерского уровня,

$S_k = \langle X_k^2, R_{2k}, J_{2k} \rangle$ - для 2-го верхнего(системного) уровня,

где $\{X_i^0, i = \overline{1, mI}\}, \{X_j^1, j = \overline{1, mI}\}, \{X_k^2, k = \overline{1, mS}\}$ - соответствующие

множества альтернатив(вариантов решений); $\{R_{0i}\}, \{R_{1j}\}, \{R_{2k}\}$ -

соответствующие отношения на множествах $X^0, X^1, X^2; \bar{J}_0 = \{J_{0i}\},$

$\bar{J}_1 = \{J_{1j}\}, \bar{J}_2 = \{J_{2k}\}$ - соответствующие совокупности критериев, причем

$\bar{J}_0 \subset \bar{J}_1 \subset \bar{J}_2$ и $\bar{J}_2 = g(\bar{J}_0, \bar{J}_1)$, где g - функция агрегирования критериев.

Все частные критерии управления отдельными процессами и производствами могут иметь технологический характер, но не противоречить общефабричному критерию.

При таком подходе к формированию критерия концепция управления сводится к следующему:

1) формируется критерий управления по измеренным значениям технологических и экологических параметров;

2) оптимизируется производственная деятельность фабрики по сформированному критерию управления;

3) контролируются экологические параметры и при их превышении допустимых норм принимаются меры к снижению концентрации вредных веществ путем снижения производительности, оптимизации режимов работы локальных процессов и др.;

4) ведется интегральный учет выбросов загрязняющих веществ с начала года и при необходимости вводится коррекция на допустимую их текущую концентрацию;

5) контролируются текущие значения концентрации вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, не допуская превышения их допустимых значений, например путем изменения уставок

Кроме того, критерий управления должен учитывать требования зарождающихся рыночных отношений (например, при торговле с зарубежными странами), а также затраты на производство и модернизацию оборудования и технологии с целью достижения экологической чистоты.

Тогда при существующей системе формирования цены угольной продукции удельный (текущий) критерий управления можно принять в следующем виде:

$$\forall t \geq t_0, x_0 \in X: \Phi(t, x) = dQ_\Phi(t) \bar{P}_1(t, x_0) \rightarrow \max \quad (3)$$

где $Q_\Phi(t)$ - производительность ОФ в момент времени t ; $\bar{P}_1(t, x_0)$ - чистая прибыль (усредненная из-за наличия случайных факторов); d - общий коэффициент размерности(пропорциональности), причем

$$\bar{P}_1(t, x_0) = P_{1\Sigma}(t) - R(t, x_0) - K(t) - G(t), \quad (4)$$

где:

$$P_{1\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^{n_k} \Gamma_{ki} U_{ki}^* \left[1 - \lambda (A_{ki}^d(t) - A_{ki}^{d*}) \right] + \quad (5)$$

$$+ \sum_{j=1}^{n_{II}} \Gamma_{\pi j} U_{\pi j}^* \left[1 - \lambda (A_{\pi j}^d(t) - A_{\pi j}^{d*}) \right] - \text{суммарная цена всей продукции ОФ};$$

$$R(t, x_0) = \sum_{v=1}^{n_0} \sum_{\mu=1}^{m_0} r_{v\mu}(t) \left\{ P_{v\mu}(t) C_{v\mu}(t, x_0) \times \right.$$

$$\left. \times \left[[C_{v\mu}^*(t, x_0) - C_{v\mu}(t, x_0)]_+ + k_0 [C_{v\mu}(t, x_0) - C_{v\mu}^*(t, x_0)] \right] \right\} -$$

суммарные расходы ОФ на все экологические штрафы в данный момент t и в точке размещения средств измерений x_0 зоне источника загрязнения ОФ с учетом коэффициента прогрессивного штрафа k_0 (в настоящее время $k_0 = 5$);

$$K(t) = \sum_{s=1}^{m_0} K_s(t) + K_0(t) - \quad (6)$$

суммарные капитальные затраты на производственные расходы и модернизацию;

$$G(t) = \sum_{s=1}^{m_0} U_{os}^* \gamma_s(t) - \quad (7)$$

суммарные стоимость потерь концентрата с отходами; U_{os}^* - цена единицы потерь концентрата; n_k, n_{II} - количество потребителей концентрата и промпродукта различного качества (зольности); n - количество загрязнителей; m_0 - число учитываемых ТП; $\lambda = 0.025$ - коэффициент скидок и надбавок за отклонение зольности от прейскурантной цены; Q_ϕ - производительность фабрики; Γ_{ki} - выход концентрата i -го качества, подлежащего реализации; U_{ki}^* - договорная цена единицы массы концентрата i -го качества; A_{ki}^d, A_{ki}^{d*} - соответственно текущая и заданная (договорная) зольность концентрата; $\Gamma_{\pi j}$ - выход промпродукта j -го качества; $U_{\pi j}^*$ - договорная цена единицы массы промпродукта j -го качества; $A_{\pi j}^d, A_{\pi j}^{d*}$ - соответственно текущая и заданная (договорная) зольность промпродукта; $r_{v\mu}$ - коэффициент пропорциональности, учитывающий степень загрязнения по v -му компоненту; $C_{v\mu}$ - текущая концентрация v -го загрязнителя; $C_{v\mu}^*$ - заданная (допустимая) концентрация v -го загрязнителя;

$\Pi_{v\mu}$ - тарифная плата за загрязнение атмосферы v -м вредным веществом;

$$[C_v^* - C_v]_+ = \begin{cases} 1 & \text{при } C_v^* \geq C_v, \\ 0 & \text{при } C_v^* < C_v, \end{cases} \quad [C_v - C_v^*]_- = \begin{cases} 1 & \text{при } C_v > C_v^*, \\ 0 & \text{при } C_v \leq C_v^*, \end{cases}$$

$$C_{ki}^* = C_{ki}^{\Pi} [1 - \lambda(A_{ki}^d - A_{ki}^{d*})]; \quad C_{nj}^* = C_{nj}^{\Pi} [1 - \lambda(A_{nj}^d - A_{nj}^{d*})]$$

где $C_{ki}^{\Pi}, C_{nj}^{\Pi}$ - цена концентрата и промпродукта, A_{ki}^{d*}, A_{nj}^{d*} - зольность концентрата и промпродукта по преискуртанту соответственно.

Следовательно, интегральный критерий при этом можно записать как функционал

$$\forall t \geq t_0; x_0 \in X; \Phi_0(t, x_0) = \int_t^T \Phi(\tau, x_0) d\tau \rightarrow \max \quad (8)$$

Ограничения на качество концентрата и потери угля с отходами обогащения можно задать в виде следующих неравенств:

$$A_{ki}^d = \sum_{s=1}^p \Gamma_{kis} A_{kis}^d / \sum_{s=1}^p \Gamma_{kis} \leq A_{ki}^{d*},$$

где Γ_{kis}, A_{kis}^d - соответственно выход и зольность концентрата S -го машинного класса; A_{ki}^d, A_{ki}^{d*} - соответственно текущая и заданная (допустимая) зольность общего концентрата i -го качества; p - количество машинных классов ($p=2, 3$);

$$\gamma_{\Sigma}(t) = \sum_{s=1}^p \gamma_s \leq \gamma_{\Sigma}^*,$$

где $\gamma_{\Sigma}(t)$ - текущие потери концентрата с отходами обогащения; γ_s - потери с p -м машинным классом; γ_{Σ}^* - заданные (допустимые) суммарные потери концентратных фракций.

Ограничения на среднюю концентрацию загрязнителей будут иметь вид:

$$\bar{C}_{v\mu}(t, x_0) = E\{C_{v\mu}(t, x_0)\} \leq C_{v\mu}^*,$$

где $\bar{C}_{v\mu}, C_{v\mu}^*$ - текущее и заданное (допустимое) значения концентрации v -го загрязнителя соответственно.

В случаях продажи угля странам дальнего зарубежья из-за наличия определенного заказа принцип формирования цены может быть иным.

Так, в работе разработан общесистемный обобщенный технологический-экономический и экологический критерий управления и принятия решений, включающий как качественные и количественные характеристики готовых продуктов, так и экологические параметры загрязнителей ОПС.

Для всех технологических и транспортных процессов ОП получены локальные критерии управления, соответствующие общесистемному критерию по данным наблюдений технологических и экологических параметров.

В работе также разработаны варианты критериев оперативного управления ОФ с типовыми технологическими схемами по производительности и зольности концентрата, а также по выбросам угольной и породной пыли, диоксидов серы и азота и оксида углерода, с учетом дорыночных и рыночных отношений.

В качестве примера для исследования эколого-экономического критерия управления ОФ рассмотрена работа ЦОФ "Луганская" когда критерий имеет упрощенный вид:

$$\Phi = 0.01Q^* \sum_{i=1}^2 \Gamma_{ki} \Pi_{ki} \left[1 - \lambda (A_{ki}^d - A_{ki}^{d*}) \right] - \sum_{v=1}^6 \Pi_v C_v \left[\operatorname{sgn}(C_v^* - C_v) + k_0 \operatorname{sgn}(C_v - C_v^*) \right]. \quad (9)$$

Анализ результатов исследования показывает:

1. Критерий управления для класса +13 мм имеет экстремум-максимум, дрейфующий в зависимости от обогатительности шихты рядовых углей:

$$A_{k_{opt1}}^d = 11,31\%; A_{k_{opt2}}^d = 7,86\%; A_{k_{opt3}}^d = 12,43\%;$$

$$A_{k_{opt4}}^d = 9,48\%; A_{k_{opt5}}^d = 11,65\%; A_{k_{opt6}}^d = 10,34\%.$$

2. Критерий управления по классу 0-13 мм в рабочем диапазоне зольности не имеет экстремума.

3. Оптимальным режимом для обогащения угля класса 0-13 мм является режим с минимально возможной зольностью.

4. Для класса 0-13 мм целесообразно снизить долю штыба, присаживаемого к классу 1-13 мм.

Для проверки последнего вывода были выполнены расчеты 8 вариантов смеси концентрата класса 1-13 мм со штыбом при изменении его выхода к шихте от 0.5% до 4.5%. При этом установлено, что при низком содержании штыба для основного варианта шихты в критерии управления имеет место экстремум в области допустимых зольностей.

Проведен также анализ влияние выбросов вредных веществ на величину общего показателя. На основании исходных данных и результатов расчетов теперь сформирован конкретный виде критерия (9), а именно:

$$\Phi_0 = \Phi_1(A_{K1}^d) - \Phi_2(C_v), \quad \Phi_1 = 5.80 \{ 30.8 [1 - 0.025(A_{K1}^d - 8.7)] (4.85 + 0.186 A_{K1}^d) + 26 [1 - 0.025(A_{K2}^d - 15)] (11.02 + 0.109 A_{K2}^d) \}, \quad \Phi_2 = 1.6 \{ C_1 [\operatorname{sgn}(1.34 - C_1) + k_0 \operatorname{sgn}(C_1 - 1.34)] + C_2 [\operatorname{sgn}(0.18 - C_2) + k_0 \operatorname{sgn}(C_2 - 0.18)] + C_3 [\operatorname{sgn}(13.82 - C_3) + k_0 \operatorname{sgn}(C_3 - 13.82)] + C_6 [\operatorname{sgn}(28.04 - C_6) + k_0 \operatorname{sgn}(C_6 - 28.04)] \} + 52.71 \{ C_5 [\operatorname{sgn}(37.36 - C_5) + k_0 \operatorname{sgn}(C_5 - 37.36)] + C_4 [\operatorname{sgn}(1.279 - C_4) + k_0 \operatorname{sgn}(C_4 - 1.279)] \}.$$

Исследование критерия выполнено при изменении величин концентрации $\{C_v\}$ в диапазонах:

$$0 \leq C_1 \leq 1.34 \equiv C_1^* \quad \text{и} \quad C_1^* < C_1 \leq 2.0,$$

$$0 \leq C_2 \leq 0.18 \equiv C_2^* \quad \text{и} \quad C_2^* < C_2 \leq 0.4,$$

$$\begin{aligned}
0 \leq C_3 \leq 13.82 = C_3^* \text{ и } C_3^* < C_3 \leq 20, \\
0 \leq C_4 \leq 1.279 = C_4^* \text{ и } C_4^* < C_4 \leq 2.5, \\
0 \leq C_5 \leq 37.36 = C_5^* \text{ и } C_5^* < C_5 \leq 65, \\
0 \leq C_6 \leq 28.04 = C_6^* \text{ и } C_6^* < C_6 \leq 50,
\end{aligned}$$

а диапазоны изменения зольностей A_{K1}^d и A_{K2}^d задаются (расчитаны в работе).

По параметрам $\{C_i\}$ критерий (9) не имеет экстремумов, поэтому его величина тем больше, чем меньше выбросов. Наиболее невыгодным является режим, когда выбросы превышают нормативы и плата за превышение увеличивается в K раз ($K=5$). Влияние штрафов за выбросы на прибыль (эффективность) будет значительным при установлении соответствующего прогрессивного штрафного коэффициента, который может быть предложен как $k_0=100\Delta(20\Delta-15)$, где $\Delta=(C_v-C_v^*)/C_v^*$, т.е. $k_0=5, 50, 500$ и т.д. при $\Delta=10\%, 20\%, 30\%$ и т.д.

Из выполненных расчетов и анализа видим, что нарушение ПДК по $\{C_v, v=1, \dots, 6\}$ приводит к резкому снижению прибыли при соответствующем выборе коэффициента штрафа за сверхвыброс.

Однако величина критерия зависит от конкретных величин платежей Π^* и допустимых концентраций C^* . При существующих значениях C^* и Π^* плата за выбросы составляет незначительную величину, поэтому не оказывает заметного влияния на прибыль фабрики, т.е. на фактор загрязнения окружающей среды. Фабрика на сегодня может не обращать никакого влияния, но с точки зрения защиты ОПС от загрязнения режим с большими выбросами недопустим. Противоречие может быть устранено лишь при пересмотре нормативов выбросов и платежей за них в сторону ужесточения.

Моделирование, планирование и управление транспортными потоками ОФ в СЭМ (Четвертая глава). Важными задачами для эффективного функционирования ОФ в СЭМ является решение задач учета, оперативного и оптимального планирования и управления ее транспортными потоками (входной - ж/д и пульпопровод, внутренний - конвейерный и трубопроводный, выходной - ж/д и автомобильный) с применением теории системного анализа, экономико-математических и экологических методов и средств современных информационно-компьютерных технологий. Экологическое управление транспортными потоками ОФ в условиях функционирования и реализации СЭМ является достаточно сложной проблемой. Основной подсистемой ОФ, которая координирует задачи планирования и управления транспортными потоками на ОФ является АСОДУ.

Кроме транспортных потоков другими важными потоками для управления ОФ в локальной СЭМ являются информационные потоки. В данной главе рассмотрены вопросы анализа, учета, моделирования, планирования и оптимизации указанных потоков - как основных объектов для синтезируемой ИАСУ ОФ для СЭМ. Системный принцип управления углеобогатительным предприятием требует автоматизации диспетчерской службы приема сырья и отгрузки готовой продукции. Такая автоматизация подразумевает разработку и эксплуатацию программно-математического обеспечения для всей подсистемы "ТРАНС-ПОРТ" ОФ как сос-

тавной части ИАСУ ОФ. Данная подсистема и ее программное обеспечение должна включать в себя решение следующих задач:

1. Автоматизацию учета поступления, отгрузки и наличия на складах и различных этапах производства различных категорий сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

2. Учет экономических характеристик (санкции за простой подвижного состава, себестоимость транспортных работ, эффективность различного сырья и т.д.).

3. Выдачу рекомендаций по оперативному управлению т.е. определение очередности и интенсивности погрузочных и разгрузочных работ.

4. Выбор оптимальной архитектуры транспортного узла при существующих условиях производства и при изменении объема или технологии производства.

5. Прогноз состояния транспортного узла (загруженность станционных путей и складов) при использовании различных вариантов управления производством.

Решение первых двух задач имеет самостоятельную ценность и может быть рассмотрено отдельно, однако систематизированные в этих условиях данные являются входными параметрами для задач оперативного управления и прогноза. Для учета перечисленных характеристик создается и постоянно изменяется база данных на основе оперативной информации.

Задачи управления и прогноза требуют рассмотрения схемы функционирования транспортного узла и разработки его математической модели. Для ее описания использована теория систем массового обслуживания с учетом многофазности и многоканальности процессов транспорта ОФ. С сети внешних железных дорог поступают группы вагонов с сырьем. Каждая группа (поток) $P(i)$ представляет в модели тройку параметров $\{T(i), z(i), n(i)\}$, где $T(i)$ - время поступления группы, $z(i)$ - тип сырья, $n(i)$ - количество вагонов в группе. Итак, модели транспортных потоков в работе представлены как пакет ("канбан") вида $P_j = \langle T_j, z_j, n_j \rangle$, $j = \overline{1, L}$, где $\forall j$ соответствующие плотности распределений для случайных процессов T и n оценены как:

$$f_T(t) = \frac{\lambda^\alpha t^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} \exp(-\lambda t), \quad t > 0,$$

и

$$f_N(n) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} \left(\frac{n}{n_M}\right)^{a-1} \left(1 - \frac{n}{n_M}\right)^b, \quad n \in [0, n_M],$$

т.е. гамма- и бета-распределений для T и n соответственно. В результате статистического анализа и обработки данных наблюдений получены оценки

$$\text{для } f_T(t) \text{ КЭЧ: } \hat{\alpha}_j = \bar{T}_j^2 / S_j^2, \quad \hat{\lambda}_j = \bar{T}_j / S_j^2, \quad \text{а для } f_N(n) \text{ - как:}$$

$$\hat{a}_j = \bar{n}_j \left[\frac{\bar{n}_j}{s_j^2} (1 - \bar{n}_j) - 1 \right], \quad \hat{b}_j = (1 - \bar{n}_j) \hat{a}_j / \bar{n}_j, \quad \bar{n}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_j} n_j^{(i)}, \quad \hat{s}_j^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_j} (n_j^{(i)} - \bar{n}_j)^2. \quad \text{Объем}$$

выборки оцениваем по формулам: $\hat{N}_i = \frac{C_i}{\delta_a \hat{a}_i}$, $C_i = \Phi^{-1}\left(\frac{2-\varepsilon}{2}\right)$, где δ_a - относительная ошибка $\hat{N}_i$. В частности, $\hat{N}_i = 250..300$, $\hat{a} = 1.986$, $\hat{\lambda} = 0.178$, $\hat{a} = 0.763$, $\hat{b} = 0.289$.

Адекватность имитационной модели функционирования транспортного узла ЦОФ подтверждается близостью (порядка 90%) основных параметров моделирования: объемов поступления сырья, отгрузки продукции, количества обслуженных вагонов при имитационном моделировании и в результате реальной деятельности ЦОФ. Результаты моделирования могут быть использованы в двух основных направлениях: 1) программный комплекс выдает рекомендации по изменению параметров узла (объемов складов, количества погрузочно-разгрузочного оборудования, объема подъездных путей и т.п.). Применение предложенного программно-математического комплекса в современных условиях нестабильности угольного производства (закрытие шахт и забастовки, консервация или продажа некоторого оборудования, сокращение обслуживающего персонала) позволяют повышать эффективность работы предприятия за счет уменьшения расходов по эксплуатации; 2) программная система может использоваться для оперативного перепланирования и управления транспортным парком в условиях изменения рыночных отношений, корректируя основные оперативные параметры и проводя дополнительное моделирование (процесс моделирования на ПК уровня IBM PC 386 занимает в зависимости от прогнозируемого периода от 1 до 20 мин.) и выбрать таким образом оптимальный вариант. При этом улучшаются такие параметры системы: время пребывания вагонов в системе; меньший пробег вагонов и локомотива из-за более редкого использования низкокoeffективных резервных складов сырья, что приводит к меньшему загрязнению окружающей среды и экономии топлива и электроэнергии на погрузочно-разгрузочные работы и транспортировку; меньший износ локомотива, подвижного состава и станционных путей; обеспечение сроков поставок готовой продукции и другие. Конкретные примеры показывают, что применяемый на ЦОФ вариант управления дает в модели и на системе 2,8 часа на период оценивания в 100 дней, а выбранный оптимальный вариант - 2,42 часа.

Разработаны также модели транспортных потоков водно-шламовой подсистемы и база знаний ЭС управления ими, а также обобщенная математическая модель ОФ в терминах "операционный модуль" (ОМ) и "потоки" (П или Р), в виде: $F_M = \langle O_M, P \rangle = \langle M, R \rangle$, где $M = \{M'_i\}$, $P = \{P^x_{ij}(t)\}$, $P_{ij}(t) = [P^M_{ij}(t), P^H_{ij}(t), P^{3H}_{ij}(t), P^T_{ij}(t), P^{3K}_{ij}(t), P^Y_{ij}(t)]$.

$$\begin{cases} \frac{dx_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^n P_{ij}(t) - \sum_{k=1}^n P_{ki}(t) + R_i(t) - C_i(t) \\ x_i(0) = x_{i0}, i = \overline{1, n} \end{cases}$$

Рассмотрим зависимости, соответствующие реальной ситуации, т.е.

$$\begin{cases} P_{ij}(t) = a_{ij}x_j(t) \\ C_i(t) = b_i x_i(t) \end{cases}$$

Тогда можно получить иерархическую модель в виде следующего билинейного матричного дифференциального уравнения:

$$\frac{dX}{dt} = AX + BXV + DU, \quad (10)$$

где X - обобщенная матрица состояния, V - мультипликативный вектор локального управления, U - вектор координирующего (диспетчерского) управления.

Таким образом, транспортный комплекс ОФ как объект управления целесообразно представить в виде внешней и внутренней транспортной системы. Для создания системы автоматизации этого комплекса разработана структура и сформирована подсистема "Транспорт", входящая в ИАСУ ОФ для локальной СЭМ и обеспечивающая функции оперативного планирования транспортного узла на основе имитационного моделирования и многофазной системы массового обслуживания, учета и прогнозирования основных параметров внешнего потока, а также моделирования и формирования базы данных и знаний по внутреннему трубопроводному гидротранспорту ОФ.

Разработан программно-математический комплекс имитационного моделирования для автоматизации оперативного планирования и управления внешним транспортным узлом, основанный на теории систем массового обслуживания и входящий в общее программное обеспечение подсистемы "Транспорт" ОФ.

Разработана информационно-справочная и поисковая система по учету, планированию, прогнозированию основных параметров внешних транспортных потоков и выдачи соответствующих документов для подсистемы "Транспорт" ОФ, имеющий удобный для пользователя интерфейс взаимодействия оператора с рабочей станцией компьютерной сети (АРМом оператора по транспорту).

Получены модели внутренних транспортных потоков и критерии экологического управления для водно-шламовой системы ОФ, которая включает процессы флотации, фильтрования, сгущения шламов и осветления воды. На основе продукционного подхода моделирования знаний создан блок базы знаний для программного обеспечения АРМа оператора по внутреннему транспорту, позволяющий получить варианты решений в различных ситуациях трудноформализуемости информации.

Используя понятия операционные модули (блоки преобразования в сложных неоднородных системах) и потоки получена обобщенная модель экологического управления производственно-транспортными комплексами ОФ для СЭМ в виде граф-структур и матричного билинейного дифференциального уравнения, которое включает как локальную, так и координирующую управляющую переменную.

Компьютерное моделирование и прогнозирование атмосферных процессов в зс ЮФ (Пятая глава). В настоящее время расходы на охрану воздушной среды (ВС) отстают от размеров ущерба, от её загрязнения. Решение проблемы охраны ВС связано с оптимальным сочетанием технико-экономических

и экологических показателей. Базой для рационального решения указанных проблем являются интегрированные автоматизированные системы контроля, прогноза и управления качеством ВС.

Предложено рассматривать экологическую среду как цепь Маркова с учетом управляющих факторов, так как при полной информации о состоянии системы в некоторый момент времени t и при известных всех управляющих воздействиях на систему, то ее состояние в момент времени $t+dt$ ни чем другим не определяется. Так как полную информацию о состоянии системы и внешних воздействиях получить невозможно, то и состояние в следующий момент времени можно определить лишь с определенной вероятностью. Можно оценить либо вероятностное распределение возможных состояний, либо, что, более перспективно, "наиболее вероятное" состояние, т.е. математическое ожидание состояния с помощью имитационной модели.

Таким методом можно решать следующие задачи:

- стационарное распределение состояний системы, при условии постоянства управляющих воздействий или таких воздействий, которые допускают стационарное распределение;

- долгосрочный прогноз состояния экологической системы, рассматриваемой как единое целое во времени, т.е. динамический прогноз;

- краткосрочный прогноз развития состояния системы на период времени от t (начало прогноза) до t_1 (конец прогноза) с шагом Δt ;

- выбор доступных исследователю управляющих воздействий с целью оптимизации экологического состояния системы.

В работе рассмотрена реализация данного метода для контроля и прогнозирования концентрации некоторого загрязнителя ВС в заданной замкнутой области S , прилегающей к земной поверхности в зоне ОФ. При этом использованы следующие исходные данные (считаем начальный момент времени $t_0 = 0$): 1) температура в градусах Кельвина $TK(0)$ и прогноз температуры в виде $TK(t) = \varphi_{TK}(t) + \xi_{TK}(t)$, где $\varphi_{TK}(t)$ - неслучайная составляющая изменения температуры, $\xi_{TK}(t)$ - случайная величина с ф.р. $A_{TK}(x, t)$, характеризующая отклонение от прогноза; 2) давление в паскалях $PP(0)$ и прогноз его в виде $PP(t) = \varphi_{PP}(t) + \xi_{PP}(t)$, где смысл $\varphi_{PP}(t)$, $\xi_{PP}(t)$, $A_{PP}(x, t)$ тот же, что и для TK ; 3) влажность воздуха $HP(0)$ в процентах и ее прогноз в виде $HP(t) = \varphi_{HP}(t) + \xi_{HP}(t)$; 4) скорость ветра $VA(0)$ и ее прогноз в виде $VA(t) = \varphi_{VA}(t) + \xi_{VA}(t)$; 5) направление ветра $DA(0)$ в радианах от направления оси X $0 \leq DA(t) < 2\pi$ и его прогноз в виде $DA(t) = \varphi_{DA}(t) + \xi_{DA}(t)$; 6) область S трехмерного пространства, будем считать ее параллелепипедом; 7) рельеф земной поверхности $z(x, y)$; 8) координаты источников загрязнения (x_i, y_i, z_i) , $i = \overline{1, M}$; 9) интенсивности источников загрязнения в зависимости от времени $\mu_i(t) = \varphi_{\mu_i}(t) + \xi_{\mu_i}(t)$; 10) характеристики загрязнителя:

- а) коэффициент диффузии $D(TK, PP, HP)$;
- б) коэффициент поглощения почвой $\lambda(TK, PP, HP)$;
- в) коэффициент вертикального дрейфа $DR(TK, PP, HP)$;

11) начальная концентрация $C(x, y, z)$ вредного вещества при $t=0$;
 12) граничные условия, характеризующие прозрачность границ, поступление примеси извне, концентрацию загрязнителя на границе области и т.п.; 13) координаты мест, где проводятся измерения концентрации загрязнителя и эти измеренные значения; 14) коэффициент разложения загрязнителя $\alpha(C^{-1})$. Управляющими воздействиями приняты параметры источников загрязнения, начальные и граничные условия.

Область S разбита сеткой с шагами h_x, h_y, h_z соответственно. В полученных клетках сетки введен массив концентрации $C(I, J, K)$, $I = \overline{1, N_x}$; $J = \overline{1, N_y}$; $K = \overline{1, N_z}$, где $N_x = XM/h_x$, $N_y = YM/h_y$, $N_z = ZM/h_z$ и занесены туда начальные значения концентрации загрязнителя. Важное значение для точности моделирования играет выбор шага моделирования Δt , с тем, чтобы влияние одной клетки сетки не распространялось слишком далеко, например не более чем на соседние клетки, с одной стороны, но и так, чтобы влияние на соседнюю клетку было существенным. Выбор этот определяется коэффициентом диффузии, скоростью ветра и погодными условиями. Для следующего значения $t = t + \Delta t$ вычисляются новые значения массива C посылно. При этом учитывается влияние только соседних клеток сетки. Затем пересчитывается для каждой пары клеток диффузия с учетом скорости и направления ветра, пересчитывается изменение концентрации с учетом прозрачности границ, поглощения и отражения частиц загрязнителя земной поверхностью. Вычисляются новые значения температуры, влажности и т.д. и затем осуществляется переход к новому шагу. Пересчет концентрации производится по следующей схеме.

1. Перенос загрязнителя под действием диффузии:

$$\Delta C_x^D = -D \frac{C_2 - C_1}{h_x} h_y h_z \frac{1}{h_x h_y h_z} \Delta t = -D \frac{C_2 - C_1}{h_x^2} \Delta t,$$

$$\Delta C_y^D = -D \frac{C_2 - C_1}{h_y^2}, \quad \Delta C_z^D = -D \frac{C_2 - C_1}{h_z^2}.$$

2. Перенос загрязнителя под действием вертикального дрейфа (по оси z):

$$\Delta C_x^{Dr} = C_2 Dr^* h_x h_y \Delta t.$$

3. Перенос загрязнителя под действием ветра (осям x и y):

$$\Delta C_x^v = C_2 \frac{V \cos DA}{h_x} \Delta t, \quad \Delta C_y^v = C_2 \frac{V \sin DA}{h_y} \Delta t.$$

4. Изменение (уменьшение) концентрации у земной поверхности (на коэффициент поглощения): $\Delta C = -C_1 \lambda \Delta t$.

5. Разложение загрязнителя в ячейке: $\Delta C = -C_1 \alpha \Delta t$.

Выбор шагов по осям осуществляется в соответствии с формулами:

$$\Delta t \leq \frac{h_x}{V_{m,x}}, \Delta t \leq \frac{h_y}{V_{m,y}}, \Delta t \leq \frac{h_z}{V_{m,z}}.$$

$$C = \begin{cases} C_i, i = \overline{1, M} & \text{в реперной точке } i\text{-й ячейки} \\ \frac{\sum_{i=1}^M C_i}{\sum_{i=1}^M r_i} & \text{в случае отсутствия в ячейке реперных точек} \end{cases}$$

где r_i - расстояние i -ой реперной точки до ячейки, в которой происходит определение начальных условий.

В приведенных формулах использованы следующие обозначения: h_x - шаг по оси x ; h_y - шаг по оси y ; h_z - шаг по оси z ; Δt - шаг по времени; C_1 - концентрация в соседней ячейке; C_2 - концентрация в самой ячейке; ΔC - приращение концентрации загрязнителя.

Результаты контрольных расчетов на ЭВМ показали, что предложенная вычислительная схема не является устойчивой при произвольном задании параметров, начальных и граничных условий. В то же время получены ожидаемые результаты при краткосрочном прогнозировании, т.е. при небольшом времени прогноза. Более высокую точность результатов можно получить уменьшая шаг сетки и, соответственно, времени. Но при этом неоправданно быстро растут затраты как оперативной памяти, так и машинного времени. Отчасти повышение точности достигается обычным приемом имитационного моделирования: модель просчитывается несколько раз, а результат принимается как среднее значение. В этом случае затраты машинного времени увеличиваются не столь значительно.

В работе также исследованы вопросы выбора шага, сходимости и устойчивости используемых схем.

Так как основным источником информации для моделирования и прогнозирования экологической обстановки служат временные ряды, которые могут относиться к различным временным интервалам в работе предложена обобщенная динамическая модель, имеющая динамическую составляющую как в детерминированной части (модели с распределенным лагом), так и в стохастической части (модели с автокоррелированными возмущениями). В обычном регрессионном анализе используется достаточно грубый подход, основанный на подборе кривых. В работе предложена вероятностная схема, предполагающая, что временная последовательность наблюдений зависимой переменной C характеризуется совместным вероятностным распределением, зависящим от конечного числа неизвестных параметров. В работе предложена обобщенная дискретная динамическая модель (ОДМ) для долгосрочного прогнозирования распространения вредных веществ (ВВ) $\{C(t)\}$ в атмосфере вида:

$$C(t) = a_1 C(t-1) + a_2 C(t-2) + a_3 C(t-3) + b_0 + \sum_{i=1}^{k-1} b_i x_{t,i} + b_k + \sum_{j=0}^{\infty} \lambda^j x_{t-j,k} + u_t \quad (11)$$

где $C(t)$ - величина концентрации ВВ в момент времени t ; $x_{t,i} \equiv x_i(t)$ - i -й фактор внешнего влияния на $C(t)$; $u_t \equiv \varepsilon(t)$ - внешнее случайное возмущение; $0 \leq \lambda \leq 1$; $a_1, \dots, a_3$ и $\{b_0, b_1, \dots, b_k\}$ - параметры модели, подлежащие оценке.

В модели (11) u_t коррелированы, т.е. u_t представляет собой "цветной" шум модели:

$$u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \in N(0,1), \quad (12)$$

ОМД охватывает всевозможные частные модели, зависящие от состава множества параметров и начальных значений множества переменных $\{X_{t,i}\}$.

При программной реализации модели (11), (12) в работе использованы следующие точностные характеристики: 1) среднее ошибок прогноза, 2) среднее абсолютных ошибок прогноза, 3) оценка дисперсии ошибок прогноза, 4) среднеквадратичная ошибка прогноза, 5) коэффициент неравенства Тейла, который изменяется от 0 до 1; если он равен 0, то прогноз хорош, а если 1 - то очень плох, 6) R-черта-квадрат ($\bar{R}^2$), 7) статистика Дарбина - Уотсона (DW), 8) оценка дисперсии.

Программный пакет метода позволяет учитывать большое число независимых переменных и рассматривать смещение переменных во времени, что дает имитацию производных, как независимых, так и зависимой переменной. Предложенная модель позволяет также учесть динамику как в детерминированной составляющей, так и в ее стохастической части. Применение метода требует статистической информации о состоянии загрязнения атмосферы и погодных условиях и прогноз состояния погоды на прогнозируемый период.

Разработанный программный пакет достаточно универсален и может быть использован для решения эконометрических, социологических и других задач для составления прогноза в условиях статистической неопределенности с инерцией по зависимой переменной. Широкий спектр используемых статистик позволяет оценить надежность полученных результатов с разных точек зрения.

Моделирование, планирование и оперативное управление технологическими схемами и процессами ОФ (Шестая глава). Функционирование углеобогащительных фабрик связано с использованием природных ресурсов (уголь, вода, воздух, земельные площади и др.) и вредным влиянием на окружающую среду (выбросы в атмосферу, сточные воды, складирование отходов). Причем уровень загрязнения окружающей среды в значительной мере зависит от качества товарных продуктов (химический состав золы, наличие в угле серы, фосфора и других элементов), отходов обогащения, поскольку последние занимают земельные площади и могут стать источниками загрязнения атмосферы пылью и газами от сгорания низкозольной составляющей отходов.

ОФ является большой сложной технической системой. Такая оценка ОФ как системы определяется как большим количеством элементов в системе, так и наличием большого числа связей между элементами и внешних связей со средой. Усложняется ситуация и стохастической природой основных элементов системы:

- количественных и качественных показателей поступающего сырья;
- самих процессов переработки угольной массы и вспомогательных процессов, обеспечивающих основные разделительной средой;
- процессов поступления и отгрузки рядового угля, продуктов обогащения и отходов.

Подсистема "Технологическая схема" является достаточно сложной и в ее составе можно выделить ряд подсистем, которые выполняют конкретные задачи и в некотором смысле (территориально, структурно, функционально и т.п.) обладают определенной степенью независимости.

Проведенный анализ связей подсистем в технологической схеме показывает, что подсистемы охвачены глубокими циркуляционными потоками и, несмотря на определенную независимость отделений, их взаимовлияние весьма существенно.

Вместе с тем следует отметить, что во всей структуре ОФ потоки неоднородны. В подготовительном отделении это горная масса с определенной влажностью, в главном цехе и схеме регенерации потоки характеризуются содержанием обогащаемой угольной массы, воды, шламовых частиц и магнетита из разделительной среды. В водно-шламовой схеме в потоки могут добавиться флокулянты и реагенты.

Проведен системный анализ ОФ и получена ее обобщенная информационно-математическая модель в виде кортежа из пяти объектов: множества технологий, экологических и экономических параметров, методов управления и принятия решений и информационной базы.

Получены экологические модели технологических схем и процессов ОФ с учетом экологических параметров, на основе которых разработана компьютерная система эвристического технологического выбора варианта схемы. Разработано также программное обеспечение по сырьевой и товарной базе данных, обеспечивающий выбор оптимального режима обогащения и реализации. Сравнение фактических и полученных расчетных данных показало адекватность математических моделей ТС и реальных процессов.

Разработан метод моделирования динамики ТП на основе интегрального оператора и в условиях стохастичности параметров, предложен простой и оригинальный подход выбора начального приближения при нелинейной аппроксимации (оптимизации), основанный на двойном квадратичном разложении в окрестности среднего наблюдения, разработан программный пакет по реализации данного метода и получен достаточно простой и удобный метод решения интегральных уравнения Фредгольма I - рода, который является основой решения многих научно-инженерных задач. Результаты моделирования проверены с помощью компьютерного эксперимента на основе реальных данных.

На примере процесса сушки - как наиболее экологически неблагоприятного на ОФ разработаны структура и алгоритм управления, по. зан неудовлет-

ворительность существующих подходов, разработаны модели эколого-экономического управления им в условиях нечеткой информации с использованием разработанного в работе гибридного регулятора

Промышленная реализация подсистем ИАСУ для СЭМ (Седьмая глава). Функционирование предложенной интегрированной системы типа "Х" обеспечивается разработкой алгоритмов и программных комплексов всех основных подсистем.

Разработана экспертная система (ЭС) управления ТП с нечеткой базой знаний для ОФ, основанной на предложенной ранее методике создания ЭС с генерацией дискретной функции принадлежности и формирования нечеткой продукционной базы знаний по всем возможным технологическим ситуациям.

Предложен типовой вариант структуры и интерфейса интеллектуального АРМа, на базе которого созданы программные оболочки решающих АРМов ИАСУ ОФ, функционирующих в СЭМ, а именно: инженера-эколога, маркетинговых исследований, плановоэкономической и бухгалтерской служб, директора и главного инженера, механика, энергетика и др. служб и специалистов.

Для синтеза (выбора) программно - аппаратных средств создаваемой локальной информационной сети АРМов ИАСУ ОФ разработана экспертно - советующая система, которая функционирует по принципу многовариантного менюориентированного выбора и применимая и для других промышленных предприятий и фирм.

В рамках разработанной концепции предложена программно - математическое обеспечение интеллектуальной системы контроля и диагностирования состояния оборудования углеобогащательной технологии.

Разработана интегрированная интеллектуальная компьютерная система автоматизированного проектирования объектов углеобогащательной технологии и приборов для СЭМ. Показана возможность ее применения на примере проектирования феррозондовых магнитометров, рекомендуемых как для измерения экологических параметров, так и для диагностирования состояния подвижных частей углеобогащательного оборудования (грохотов, бункерных конвейеров и т.п.).

В приложениях к работе приведены расчеты, оценки и модели экологического ("внутреннего" и "внешнего", т.е. социального) ущерба и потерь в процессах углеобогащения и транспортных операций, экономической эффективности процессов автоматизации и интеллектуализации управления технологическими процессами, а также соответствующие документы, подтверждающие применения результатов работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИТОГОВЫЕ ВЫВОДЫ

В диссертационной работе решена важная для народного хозяйства Украины научно-техническая проблема создания интегрированной автоматизированной системы управления и принятия эколого - экономических решений для

производственно-транспортных комплексов, функционирующих в системе экологического и экономического мониторинга.

Разработаны концепция, принципы, критерии, методы, модели и программные средства, на основе которых синтезируется локальная система экологического мониторинга промышленного объекта с непрерывным и непрерывно-дискретным производственными процессами.

Основные научные результаты, выводы и практические рекомендации работы можно сформулировать в следующем виде:

1. В качестве объекта экологического мониторинга и управления в работе рассмотрена ОФ, которая представляет собой сложный производственно-транспортный комплекс, содержащий три транспортных потока: входной поток (ж/д, гидро- и конвейерный), внутренний поток (конвейерный и трубопроводный) и выходной (ж/д и автомобильный) и производственно-технологические процессы. Ее функционирование сопряжено с большим загрязнением ОС отходами обогащения, выбросами вредных веществ (ВВ) в атмосферу, водную среду, почву и др.

2. Существующие концепция, принципы и критерии управления ОФ не соответствуют современным требованиям экологической безопасности и необходимости перехода к рыночным отношениям. Так как существующие критерии управления не учитывают экологические параметры и факторы, важным направлением снижения уровня загрязнения окружающей среды является автоматизация процессов управления и принятия решений для ОФ по критериям, учитывающим влияние выбросов ВВ на экологическую ситуацию, т.е. управление по комплексным эколого-экономическим и технологическим критериям. В разработанных вариантах интегрированных АСУ ОФ не автоматизированы функции принятия управленческих решений при нечеткой информации и в условиях смешанной неопределенности, не используется опыт и знания специалистов, не решаются проблемы создания средств и методов экологического мониторинга на основе локально-информационных сетей АРМов и современных информационных технологий.

3. Показано, что для создания интегрированной АСУ ОФ целесообразно рассматривать ее как составную часть логистической системы, содержащей автоматизированную систему организационно-экономического и экологического управления (АСОЭ и ЭУ) с подсистемами менеджмента и экологического мониторинга, подсистему оперативно-диспетчерского управления, а также систему управления производственно-транспортным комплексом. Поэтому предложена трехуровневая декомпозированная структура управления ОФ для создания локальной СЭМ и определены направления процессов интеграции и интеллектуализации управления на основе компьютерных сетей и экспертных систем с различной базой знаний.

4. Разработана концепция создания локальной СЭМ промышленного объекта непрерывно-дискретного характера (на примере ОФ) на основе системного подхода и принципов максимальной интеграции, интеллектуализации, индивидуализации, широкого использования современных информационных технологий и учета неопределенности, нелинейности, нестационарности, нечеткости, а также

многомерности, многокритериальности, т.е. учета "НЕ- и МНОГО" - факторов и экологических параметров при принятии управленческих решений на всех уровнях.

5. Для управления сложными процессами производственно-транспортного комплекса ОФ обоснована необходимость и важность применения гибридных интеллектуальных регуляторов для ТП и интеллектуальных АРМов на основе нечеткой базы знаний для верхних уровней управления ОФ в СЭМ. Разработана методика и алгоритм создания гибридных интеллектуальных систем, функционирующих в условиях смешанной неопределенности и позволяющие комбинировать традиционную количественную с качественной трудноформализуемой информацией в виде лингвистических и нечетких переменных.

6. Предложены общие принципы формирования комбинированных критериев управления по всем уровням иерархии в соответствии с декомпозицией структуры системы управления ОФ и разработан общесистемный обобщенный технолого-экономический и экологический критерий управления и принятия решений, включающий как качественные и количественные характеристики готовых продуктов, так и экологические параметры загрязнителей ОС. Для всех технологических и транспортных процессов получены локальные критерии управления, соответствующие общесистемному критерию по наблюдениям технологических и экологических параметров. Разработаны варианты критериев оперативного управления ОФ с типовыми технологическими схемами по производительности и зольности концентрата, а также по выбросам угольной и породной пыли, диоксидов серы и азота и оксида углерода, с учетом дорыночных и рыночных отношений. На конкретном примере ЦОФ "Луганская" показано, что предложенный общесистемный критерий имеет экстремум-максимум, дрейфующий по двум осям: "зольность-значение критерия" при изменении зольности концентрата в зависимости от обогатимости угля и объема выбросов загрязняющих веществ.

7. Используя понятия "операционные модули" (блоки преобразования в сложных неоднородных системах) и "потoki" получена обобщенная модель экологического управления производственно-транспортными комплексами ОФ для СЭМ в виде граф-структур и матричного билинейного дифференциального уравнения, которое включает как локальную, так и координирующую управляющую переменную.

8. Показано, что транспортный комплекс ОФ как объект управления целесообразно представить в виде внешней и внутренней транспортной системы. Для создания системы автоматизации этого комплекса разработана структура подсистемы "Транспорт", обеспечивающая функции оперативного планирования транспортного узла на базе имитационного моделирования, учета и прогнозирования основных параметров внешнего транспортного потока. На основе теории систем массового обслуживания разработан программный комплекс имитационного моделирования для автоматизации оперативного планирования и управления внешним транспортным узлом, а также разработана информационно-справочная и поисковая система по учету, планированию, прогнозированию основных транспортных параметров с выдачей соответствующих документов для подсистем

мы "Транспорт" ОФ, имеющий удобный для пользователя интерфейс взаимодействия оператора с сетевым АРМом оператора по транспорту.

9. Получены модели внутренних транспортных потоков и критерии экологического управления для водно-шламовой системы ОФ, которая включает процессы флотации, фильтрования, сгущения шламов и осветления воды. На основе продукционного подхода моделирования знаний создан блок базы знаний для программного обеспечения АРМа оператора по внутреннему транспорту, позволяющий получить варианты решений в различных ситуациях трудноформализуемости информации.

10. Решена задача компьютерного моделирования и прогнозирования атмосферных процессов в зоне ОФ (как краткосрочного - на основе теории марковских процессов, так и долгосрочного - на основе динамических моделей с предысторией и распределенным лагом при автокоррелированных ошибках) в условиях стохастической неопределенности. Обоснована применимость и показана преимущества и приемлемые точностные и вычислительные характеристики предложенных методов и моделей.

11. Проведен системный анализ ОФ и получена ее обобщенная информационно-математическая модель в виде кортежа из пяти объектов: множества технологий, экологических и экономических параметров, методов управления и принятия решений и информационной базы. Получены экологические модели технологических схем и процессов ОФ с учетом экологических параметров, на основе которых разработана компьютерная система эвристического выбора варианта технологической схемы. Разработано также программное обеспечение по сырьевой и товарной базе данных, обеспечивающий выбор оптимального режима обогащения и реализации. Приведено сравнение фактических (для ЦОФ "Комендантская") и расчетных результатов и показана адекватность и экономическая эффективность компьютерного моделирования ТС и реальных процессов.

12. Разработан метод моделирования динамики ТП на основе интегрального оператора и в условиях стохастичности параметров, предложен простой и оригинальный подход выбора начального приближения при нелинейной аппроксимации (оптимизации), основанный на двойном квадратичном разложении в окрестности среднего наблюдения, разработан программный пакет по реализации данного метода и получен достаточно простой и удобный метод решения интегральных уравнения Фредгольма I - рода. Результаты моделирования проверены с помощью компьютерного эксперимента на основе реальных данных показали простоту и высокую точность предложенного метода.

13. Разработана экспертно-советующая система управления ТП с нечеткой базой знаний как блок принятия решений в АРМах ОФ, по предложенной ранее методике создания экспертных систем с диалоговой генерацией дискретной функции принадлежности и формирования нечеткой продукционной базы знаний по всем возможным технологическим ситуациям. Проведен анализ проблемы управления процессом сушки - как наиболее экологически неблагоприятного на ОФ, показан неудовлетворительность существующих подходов, разработаны модели и

алгоритм эколого-экономического управления ими в условиях нечеткой информации.

14. Предложен типовой вариант структуры и интерфейса интеллектуального АРМа, на базе которого созданы программные оболочки решающих АРМов ИАСУ ОФ, функционирующих в СЭМ, а именно: инженера-эколога, маркетинговых исследований, планово-экономической и бухгалтерской служб, директора и гл. инженера, механика, энергетик и др. специалистов.

15. Разработаны требования и функции локальной компьютерной сети АРМов, на основании которых предложена ее обобщенная функционально-информационная структура, позволяющая создать интегрированную АСОЭ и ЭУ. Для синтеза (выбора) программно-аппаратных средств создаваемой локальной информационной сети АРМов ИАСУ ОФ разработана экспертно-советующая система, которая функционирует по принципу многовариантного менюориентированного выбора и применимая и для других предприятий.

16. Разработаны интегрированная интеллектуальная компьютерная система автоматизированного проектирования и диагностирования объектов углеобогачительной технологии и приборов для СЭМ, которые позволяют в единой программной среде решать все основные проектные и диагностические процедуры в интерактивном режиме.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

1. Рамазанов С.К. Автоматизация управления производственно-транспортными комплексами в системе экологического мониторинга.- Луганск: ВУГУ, 1996. - 268 с.

2. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Интеллектуальная система эколого-экономического управления технологическими процессами углеобогачительных фабрик//Автоматизация и современные технологии.- 1995. - N9. - с. 10-18.

3. Рамазанов С.К., Семесенко М.П. Идентификация и оценка параметров в сложных динамических системах//Автоматика. - 1979. - N6. - с. 26-32.

4. Рамазанов С.К., Семесенко М.П. Оптимальная нелинейная фильтрация одного класса случайных процессов//Автоматика. - 1980. - N5. - с. 43-49.

5. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Эколого-экономическое управление процессом сушки угля при нечеткой информации // Автоматика.- 1995.- N 2. - с. 108-116.

6. Рамазанов С.К., Худяков Н.М. Интерактивный программный комплекс для автоматизации проектирования приводов в среде САПР РТК// Транспортное машиностроение: Республ. межведомственный н/т сб.-Киев, 1995. - с. 34-38.

7. Евстигилев И.Н., Лехицер Л.Р., Рамазанов С.К. Компьютерный анализ переходных процессов динамических систем и структурное моделирование САУ// Там же. - с. 44-49.

8. Рамазанов С.К. Интеллектуальная компьютерная система диагностирования состояния сложных технических объектов// Там же - с. 67-74.

9. Рамазанов С.К., Худяков Н.М. Интерактивная компьютерная система автоматизации проектирования управляющих программ для станочных комплексов с ЧПУ//Автоматизация и современные технологии.- 1995. - N4.- с.2-4.

10. Лехциер Л.Р., Рамазанов С.К., Худяков Н.М. Диалоговая система автоматизации проектирования управляющих программ// Конструирование и производство транспортных машин. Сб. статей. - Харьков: ХГУ, 1994. - N 24. - с.139-143.

11. Рамазанов С.К. Вопросы применения методов идентификации в робототехнических системах//Конструирование и пр - во транспортных машин. Сб. статей. - Харьков: ХГУ, 1993. - N 22. - с.100-104.

12. Рамазанов С.К., Семесенко М.П. Выбор параметров прогнозирующей модели в системах управления// Автоматика.- 1975.-N4. - с.65-72.

13. Рамазанов С.К., Семесенко М.П. Об одном методе решения нелинейных задач управления//Республ. межведомст. науч. техн. сб. "Констр. и пр-во трансп. машин".-Харьков:ХГУ, 1980. -N12. - с.62-67.

14. Семесенко М.П., Рамазанов С.К. Численный метод идентификации динамических систем//Там же.- с.67-72.

15. Рамазанов С.К. Идентификация динамики транспортных средств//Сб. "Констр. и пр-во транспорт. машин. -Харьков: ХГУ.1984.- N16. - с.23-29.

16. Рамазанов С.К. , Семесенко М.П. Идентификация и оценка параметров динамической модели транспортных систем по измерениям с прерываниями//Сб. "Констр. и пр-во трансп. машин. - Харьков: ХГУ, 1986. - N18. - с.28-31.

17. Семесенко М.П., Рамазанов С.К. Общий алгоритм стохастического адаптивного управления манипуляционными системами роботов//Там же, 1988. - N20. - с. 41-46.

18. Рамазанов С.К., Семесенко М.П. Метод адаптивного стохастического управления манипуляционными системами роботов//Там же, 1989.- N 21.- с. 123-127.

19. Рамазанов С.К. Вопросы применения методов идентификации в робототехнических системах//Там же, 1993. - N 22. - с. 100-104.

20. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Критерий эколого-экономического управления технологическими процессами углеобогащения// Уголь Украины. - 1995. - N7. - с.27-29.

21. Ульшин В.А., Рамазанов С.К., Зубов Д.А. Моделирование управления сложных технологических комплексов на основе нейронных сетей//Вестник Восточноукраинского государственного университета. Сер. Транспорт.- Луганск, 1996.-с.176-186.

22. Рамазанов С.К., Зайко В.К. Подсистема автоматизации диспетчерского планирования и управления транспортного узла углеобогатительных фабрик//Там же. - с. 218-227.

23. Лехциер О.Р., Лехциер Л.Р., Рамазанов С.К. Компьютерно-цифровой комплекс индикации состояния аппаратов и процессов промышленных технологий//Там же. - с. 227-237.

24. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Интегрированное интеллектуальное управление углеобогадательной фабрикой в системе экологического мониторинга //Автоматизация и современные технологии.- 1997. - N2. - с. 16-28.

25. Рамазанов С.К., Семесенко М.П. Методы оптимальной фильтрации многомерных случайных процессов для мини-ЭВМ. Киев, 1976. - 49 с. - (Препринт/АН УССР; Ин-т кибернетики, N 76-41).

26. Семесенко М.П., Рамазанов С.К. О решении уравнения оптимальной фильтрации. - Киев, 1977. - с.39-46. (Препринт N 77-14/ ИК АН УССР).

27. Рамазанов С.К. Идентификация многомерных нелинейных систем комбинированным методом ортогональных разложений и МГУА// УкрНИИНТИ.- N 565 Ук-85Деп.-16с.

28. Рамазанов С.К. Оценивание и прогнозирование стохастического процесса методом спектрального анализа//УкрНИИНТИ. N597 Ук-85Деп.-17с.

29. Рамазанов С.К. Стохастическая идентификация процессов в углеобогадательной технологии//УкрНИИНТИ.-N564 Ук-85Деп.-31 с.

30. Рамазанов С.К. Автоматизация управления объектами углеобогадательной технологии в системе экологического мониторинга// Луганск. - 1996. - 66 с. - Деп. в ГНТБ Украины. 5.09.96. - № 1787-Ук96.

31. Рамазанов С.К. Моделирование, планирование и управление транспортными потоками обогащательных фабрик в системе экологического мониторинга//Луганск.-1996.-40с.-Деп.вГНТБУкраины. 5.09.96. - № 1786 - Ук96.

32. Рамазанов С.К. Оценивание и идентификация стохастических мультипликативно-аддитивных смесей в задачах управления//Тезисы докладов III Республиканской конференции "Вычислительная математика в современном НТП". - Киев, 1982.- с.23-24.

33. Рамазанов С.К., Карпов Б.И., Тисунова Е.Ю. Интегрированная интеллектуальная система проектирования автоматических систем управления //Международная научно-техническая конференция "Актуальные проблемы фундаментальных наук": Сб. докладов. - М.: МГТУ, 1991. - с.58-59.

34. Рамазанов С.К., Глуз И.А. Адаптивное управление РТС в условиях смешанной неопределенности//Тезисы докладов Региональной н/т конференции "Моделирование и управление в технических системах". - Ч.1.-Ташкент.- 1991.- с.24-25.

35. Рамазанов С.К. Современные подходы в решении проблем эколого-экономических систем// Тезисы докладов Международной научно - практической конференции "Университет и регион". - Луганск, 1994. - с. 171-172.

36. Рамазанов С.К. Об идентификации динамических объектов в системах АСУ ТП// Материалы Всесоюзной конференция "Состояние, перспективы разработки и применения средств вычислительной техники для управления технологическими процессами и автоматизации научного эксперимента". - М., 1979. - с. 54-55.

37. Рамазанов С.К. Оптимальная фильтрация многомерных процессов в САНИ//Там же. - с. 56-57.

38. Рамазанов С.К., Лещинский В.М., Аптекарь М.Д. Системный анализ в проблеме экологизации технологических процессов гальванических производств //Материалы научно-технической конференции "Экология промышленного региона". - Донецк, 1995. -с. 60-62.

39. Зайко В.К, Рамазанов С.К. Моделирование и прогнозирование атмосферных процессов в зоне углеобогачительных объектов в условиях стохастической неопределенности//Там же. - с.3033.

40. Рамазанов С.К. Компьютерное моделирование экологических катастроф в зоне угольных бассейнов//Там же. - с. 34.

41. Улышин В.А., Рамазанов С.К. Интегрированная интеллектуальная автоматизированная система экологического мониторинга, управления и принятия решений для углеобогачительных фабрик//Там же. - 16-17.

42. Рамазанов С.К., Улышин В.А, Лукутин О.В. Интеллектуальное автоматизированное рабочее место эколога углеобогачительной фабрики//Там же. - с.14-16.

43. Рамазанов С.К., Яковенко В.В. Компьютерный синтез информационно-измерительной техники в системы экологического приборостроения//Материалы III-й научно-технической конференции " Контроль и управление в технических системах".- Винница, 1995. - с.362-364.

44. Рамазанов С.К. Компьютерная система контроля и диагностирования состояния объектов углеобогачительной технологии в условиях экологического мониторинга//Там же. - с.364-366.

45. Рамазанов С.К., Рамазанов Р.С. Интегральная модель интеллектуального управления объектами углеобогачительной технологии в системе экологического мониторинга//Материалы 2-й Украинской конференции по автоматическому управлению. - Львов, 1995. - Т.5. - с.77-78.

46. Рамазанов С.К. Компьютерный менеджмент - основа современных интегрированных систем автоматизации управления и проектирования// Материалы научно - методической конференции по проблемам экономической кибернетики.- Донецк, 1995. - с.19-20.

47. Рамазанов С.К., Яковенко В.В. Проектирование ферромагнитных магнитометров для измерения геомагнитных возмущений в системе экологического мониторинга//Материалы III-й Международной научно-технической конференции "Проблемы экологического мониторинга и охраны труда".- Севастополь, 1995. - с.49-50.

48. Рамазанов С.К. Программный комплекс автоматизации проектирования информационно измерительных средств в системе экологического мониторинга//Там же. - с.50-51.

49. Болотинский Е.М., Рамазанов С.К.Вопросы создания интегрированных АСУ предприятий в новых условиях хозяйствования// Тезисы докладов Всесоюзной научной конференция "Управление эффективностью производства с применением экономико-математических методов и АСУ".- Москва, 1989. - с.131.

50. Рамазанов С.К., Лехциер Л.Р. Компьютерное представление сложных моделей технологических процессов углеобогащения на основе R-функций

//Тезисы докладов Международной научно-практической конференции "Автоматизация проектирования и производства изделий в машиностроении". - Луганск. - 1996. - Ч. - II. - с. 197.

51. Зайко К.В., Зайко В.К., Рамазанов С.К. Модели прогнозирования состояния атмосферы в зоне промышленного объекта//Тезисы докладов Международной научно-практической конференции " Университет и регион" .- Луганск: ВУГУ, 1996. - с. 105.

52. Рамазанов С.К. Система интеллектуального управления промышленными объектами в условиях экологического мониторинга региона// Там же. - с. 106-107.

53. Рамазанов С.К., Ульшин В.А. Эколого-экономическая эффективность систем автоматизации управления процессами углеобогащения// Там же. - с. 101.

54. Ильин А.В., Истомин Л.Ф., Рамазанов С.К. Оптимизация технологических схем углеобогащительных фабрик// Там же. - с. 108-109.

55. Рамазанов С.К., Худяков В.Н. Математическая модель процесса осаждения угольной суспензии в радиальном сгустителе// Там же. - с. 117.

Другие работы приведены в списке литературы в монографии 1.

АННОТАЦИЯ

Рамазанов С. К. Автоматизация управления производственно-транспортным комплексом в системе экологического мониторинга. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.26.05 - Инженерная экология и 05.22.12- Промышленный транспорт. Восточноукраинский государственный университет, Луганск, 1997.

Защищается 62 печатные работы, в том числе 1 монография, содержащих результаты системных научных исследований углеобогащительной фабрики как объекта экологического мониторинга и интеллектуального управления с оптимизацией транспортных и информационных потоков. Разработаны принципы, методы, модели, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования и планирования, экологического управления, проектирования и диагностирования процессов и технологического оборудования. Осуществлено промышленное внедрения разработанных программных комплексов на предприятиях угольной промышленности, обеспечивающих эффективное экономо-экологическое управление ТП ОФ с целью оптимального контроля за загрязнением ОПС, а также в системах образования и научных исследований.

ABSTRACT

Ramazanov S.K. The automation of the control of industrial complex in the system of ecology monitoring. The thesis for Doctor's Degree (Technical Science); specialties

05.26.05 – Ingining ecology and 05.22.12 – Industrial transport, East Ukrainian State University, Lugansk, 1997.

62 printed works, among them monograph are defended, they contain the results of scientific research of coal preparation factory as the object of ecology monitoring and intellectual control with optimization of transport and information streams. Principles, methods, models, algorithms and software for modelling and planning ecological control, designing and diagnosing of processes and technological equipment have been developed. Industrial introduction of designed program complexes at the coal industry enterprises, educational and research establishments have been made; they provide effective economic-ecological control of technological processes at the coal preparation factories with the aim of optimal control for environmental pollution.

Ключевые слова: окружающая природная среда, улеобогащительная фабрика, экологический мониторинг, автоматизация, интегрированная, интеллектуальная, стохастическая, нечеткая, неопределенность, управление, принятие решений, моделирование, гибридная, экспертная система, база данных, знания, технологические схемы, процессы, транспортные потоки.



Подписано к печати 29.01 97. Формат 60x84 1/16, 2 п.л.
Тираж 100 экз. Заказ 17. Бесплатно.

Ротап rint ВУГУ: 348034, г. Луганск, Молодежный, 20а

AB 37.230