

РГБ ОД

11 SEP 1997

На правах рукописи

МАКРУСЕВ Виктор Владимирович



**ЦЕЛОСТНО-ЭВОЛЮЦИОННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ,
ПРОЕКТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ**

Специальность 01.04.01 - техника физического эксперимента,
физика приборов, автоматизация физических исследований

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук

Москва - 1997

Работа выполнена в Ордена Трудового Красного Знамени
Институте радиотехники и электроники РАН.

Научный консультант: - доктор физико-математических наук
БУКАТОВА И.Л.

Официальные оппоненты:

- профессор, доктор технических наук ОЛЕЙНИКОВ А.Я..
- доктор физико-математических наук ОРЕЛ Е.Н.
- профессор, доктор технических наук ГРИНЧЕНКО С.Н.

Ведущая организация - МГУ им. М.В. Ломоносова, научно-исследовательский институт механики.

Защита состоится «26» сентября 1997 г. в 10.00 часов на заседании специализированного совета Д 002.74.03 при Институте радиотехники и электроники РАН по адресу: 103907, Москва, ГСП-3, Моховая ул., 11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИРЭ РАН.

Автореферат разослан «20» августа 1997 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

при ИРЭ РАН

кандидат физ.-мат.наук

М.И.Перцовский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы. Автоматизация научных исследований сложных процессов, объектов и явлений базируется на достижениях современной науки и обеспечивает комплексное использование методов и средств математического моделирования, планирования эксперимента и принятия решения, а также методов и средств автоматизированной обработки результатов эксперимента. Она сформировалась в последнее десятилетие трудами А.Н. Выставкина, Е.П. Велихова, А.Н. Тихонова, А.А. Самарского, В.Ф. Крапивина, Б.Н. Наумова, В.И. Виноградова, А.Я. Олейникова, И.Л. Букатовой, А.Л. Сергиевской, В.М. Ордынцева и других отечественных и зарубежных ученых. При этом развиты теоретические основы научной организации и проведения исследований, созданы, предназначенные для решения типовых задач, проблемно-ориентировочные прикладные программы, модернизированы универсальные системные средства и специальное программное обеспечение автоматизированных информационно-вычислительных систем, разработаны и нашли массовое применение измерительно-вычислительные комплексы на базе ПЭВМ и аппаратуры сопряжения.

Использование указанных результатов позволяет интенсифицировать работы в области планирования и управления эксперимента, а также усовершенствовать автоматизацию сбора, регистрации, хранения и накопления экспериментальных данных в различных областях фундаментальных и прикладных исследований. Однако, хорошо известно, что свойства реального сложного объекта характеризуются высокой степенью информативной неопределенности, которая традиционными средствами исследования учитывается не в полной мере, что приводит к потере эффективности научных результатов как на теоретической, так и на экспериментальной стадиях.

Как инструмент и как объект автоматизированного исследования могут рассматриваться существующие и перспективные информационно-

вычислительные системы (ИВС) различного назначения. Они реализуют требования по согласованному развитию автоматизируемых объектов и средств автоматизации их исследований, а также обеспечивают возможности решения исследовательских задач в условиях информативной неопределенности. При этом особенность ИВС заключается в том, что они включают человека (исследователя) в процесс исследования в качестве активного элемента системы. Фактически такие ИВС являются гибридными интеллектуальными системами, в которых в процессе исследований происходит накопление знаний в широком спектре их понимания.

Автоматизация научных, проектных и экспериментальных исследований на современном уровне технического оснащения информационно-вычислительных систем реализуется на основе информационных технологий и исследовательских технологических платформ, в частности, системной интеграции, обеспечивающих их эффективную поддержку. Однако, в рамках таких технологий в процессе исследования возникает *во-первых*, разрыв интеллектуальных связей между исследователем и средствами автоматизации, и *во-вторых*, практически, не учитываются связи между этапами исследований. Это делает процесс накопления и использования знаний в ИВС крайне неустойчивым, снижает эффективность использования подобных систем.

Таким образом, интенсивное развитие процессов автоматизации общества, растущие потребности в автоматизации исследований сложных объектов, процессов и явлений, в расширении возможностей средств вычислительной техники и активизации человека, как элемента ИВС, обуславливают *необходимость и актуальность* развития методов и средств автоматизации исследований, учитывающих отмеченные особенности. Анализ показывает, что в настоящее время открываются широкие возможности по разработке новых принципов и средств автоматизации исследований интеллектуальных

ИВС на основе достижений современной науки и информационных технологий.

Работа выполнена в период с 1986 по 1997 гг. на основе опыта создания и применения информационно-вычислительных систем для автоматизации исследований и обработки экспериментальных измерений. Работа велась по хоздоговорным и госбюджетным НИР, порученным Институту радиотехники и электроники РАН правительственными постановлениями и распоряжениями Президиума РАН, а также в рамках НИР по планам научных исследований Российской таможенной Академии ГТК РФ.

Цель и задачи исследования. Основной *целью* настоящего исследования является разработка и обоснование метода целостно-эволюционной автоматизации, обеспечивающего эффективное исследование, проектирование и функционирование интеллектуальной ИВС в условиях информативной неопределенности.

Для достижения этой цели потребовалось решить следующие *задачи*:

1. Концептуально и методологически разработать метод и метатехнологию целостно-эволюционной автоматизации (ЦЭ-автоматизации далее), которые сохраняют целостность процесса приобретения, накопления и использования знаний при эволюционной динамике характеристик ИВС и обеспечивают ее эффективное исследование, проектирование и функционирование в условиях информативной неопределенности.

2. Разработать основы теории когнитивной динамики как формализованного языка описания процесса приобретения знаний в ИВС, включающего базовые определения, классификацию когнитивных процессов, механизмы их взаимосвязей, интеграцию интеллектуальных функций, функциональные модели когнитивных каналов, теоремы согласования вложенных компонент.

3. Теоретически разработать средства реализации ЦЭ-автоматизации в виде когнитивной и продуктивной технологий, а также когнитивно-продуктивной метатехнологии, определив состав их базовых парадигм, условия актуализации и метаалгоритм функционирования.

4. На основе когнитивно-продуктивной метатехнологии создать методики, технологические и инструментальные средства исследования, визуализации и оптимизации структур-стратегий ИВС в динамике условий их функционирования.

5. Осуществить целостно-эволюционное исследовательское проектирование метамодели ИВС на основе когнитивно-продуктивной метатехнологии, проблемно-ориентированной на задачи интеграции.

6. На основе разработанных методологических, технологических, алгоритмических и компьютерных средств провести исследования ЦЭ-автоматизации информационных и информационно-обучающих систем, систем регулирования таможенной деятельности, процессов управленческой деятельности на различных стадиях их исследования: научной, проектной, экспериментальной.

Метод исследования. Для достижения целей исследования в процессе решения поставленных задач интегрированы методы теории когнитивной динамики (теории приобретения знаний), которые впервые разработаны автором и не имеют аналогов как в отечественных, так и в зарубежных исследованиях, а также традиционные методы: теории графов, имитационного и эволюционного моделирования, оптимизации, факторного и регрессионного анализа, методы теории массового обслуживания, математической статистики и теории вероятностей.

Научная новизна и значимость работы. Настоящая работа представляет собой новое научное направление в автоматизации научных, про-

ектных и экспериментальных работ, основу развития которого составляют следующие результаты, впервые полученные автором:

- концепция целостно-эволюционного представления интеллектуальных ИВС, базирующаяся на целостности процесса приобретения, накопления и использования знаний при учете согласованной эволюции вложенных систем;
- метод ЦЭ-автоматизации интеллектуальных ИВС, обеспечивающий их эффективное исследование, проектирование и функционирование при информативной неопределенности и в условиях динамики эксперимента;
- основы теории когнитивной динамики, включающей формализованный язык конструктивного (и функционального) описания и формирования технологических средств реализации ЦЭ-автоматизации;
- метатехнологии ЦЭ-автоматизации, проблемно-ориентированные на интеграцию метамоделей ИВС, оптимальные структур-стратегии интеллектуальных ИВС в конкретных реальных системах автоматизации научного эксперимента;
- аппарат визуализации различных «вложенных» объектов и их согласованных компонент: когнитивных процессов, баз знаний, интеллектуальных функций, продуктивных действий, когнитивных и продуктивных технологий, когнитивно-продуктивных метатехнологий.

В целом представленные результаты обеспечивают создание интеллектуальной ИВС и ее эффективное использование в целях автоматизации широкого спектра научных, проектных и экспериментальных исследований.

Практическая значимость работы. На основе проведенного исследования разработаны средства реализации ЦЭ-автоматизации, обеспечивающие эффективное приобретение, накопление и использование знаний на различных стадиях научного эксперимента. Основными из них являются:

- методика целостно-эволюционного представления автоматизируемых объектов;
- язык формализованного конструктивного описания и формирования технологических средств реализации ЦЭ-автоматизации;
- когнитивная, продуктивная технологии и когнитивно-продуктивная метатехнология как средства реализации ЦЭ-автоматизации;
- метаалгоритм ЦЭ-автоматизации;
- методики, технологические и графико-аналитические средства исследования, визуализации и оптимизации структур-стратегий ИВС в динамике их функционирования.

При использовании разработанных средств получены следующие *практические результаты*:

- проведено исследовательское проектирование метамодели ИВС;
- разработаны система информационного обеспечения (методологический аспект) и система регулирования процессов таможенной деятельности (концептуальный аспект);
- осуществлен синтез метатехнологий ЦЭ-автоматизации информационных и информационно-обучающих систем, предложены конструктивные решения по их проектированию и внедрению (на примере Российской таможенной академии ГТК РФ);
- разработана технология автоматизированного анализа и оптимизации деятельности таможенных органов (ТО) РФ и соответствующая единая концептуально-методологическая платформа автоматизации таможенной службы.

Основные защищаемые положения.

1. Целостно-эволюционное представление интеллектуальной ИВС является расширением традиционного системного подхода на основе концептуального принципа эмерджентности: система приобретения знаний имеет

иерархическую структуру «вложенных» согласованно эволюционирующих систем, каждый компонент которой является сложной системой, включающей в себя элемент более низкого уровня и включенной в качестве элемента в систему более высокого уровня.

2. Научные, проектные и экспериментальные исследования ИВС в условиях информативной неопределенности целесообразно проводить методом ЦЭ-автоматизации. Сущность метода состоит в том, что организация и обеспечение целостности процесса приобретения знаний в ИВС осуществляется с учетом согласованной эволюции совокупности вложенных систем: макросистемы, метасистемы и ИВС.

3. Развитие, исследование и практическую реализацию метода ЦЭ-автоматизации целесообразно проводить на основе разработанных формализованного языка, элементов теории когнитивной динамики, когнитивных и продуктивных технологий, когнитивно-продуктивных метатехнологий.

4. Применение созданных когнитивно-продуктивных метатехнологий ЦЭ-автоматизации позволяет значительно повысить эффективность исследовательского проектирования, ускорить проведение автоматизированного эксперимента и научной разработки конкретных реальных систем.

Достоверность полученных результатов. Достоверность предложенного метода ЦЭ-автоматизации, реализованных на его основе когнитивных и продуктивных технологий, методических и инструментальных средств автоматизации, подтверждается результатами их применения при решении задач автоматизации исследований эскизного и технического проектирования локальных вычислительных сетей, информационно-вычислительных систем, систем автоматизации административного управления, систем автоматизации технологий в различных прикладных областях деятельности, при разработке и внедрении информационных технологий в таможенных органах России, при проектировании компьютерных технологий обучения и научных

исследований Российской таможенной академии ГТК РФ, а также выявленным преимуществом при сопоставлении полученных результатов с аналогичными, описанными в литературе и полученными с применением других методов автоматизации исследований.

Апробация результатов работы. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на заседании секции прикладных проблем при Президиуме АН СССР (Ленинградское отделение, г. Ленинград, 1987 г.), на Школе-семинаре по структурной адаптации многомашинных систем обработки информации (Рига, 1988 г.), на второй Всесоюзной школе по автоматизации создания математического обеспечения и архитектуры систем реального времени (Иркутск, 1990), на научной конференции по локальным сетям ЭВМ для автоматизации научных исследований и управлению производством (г. Севастополь, 1990), на Всесоюзной конференции по живучести и реконфигурации информационно-вычислительных и управляющих систем (Севастополь, 1991 г.), на региональной школе-семинаре по отказоустойчивости и живучести систем цифровой обработки информации (Минск, 1990 г.), на втором Международном форуме по эволюционной информатике и моделированию (Москва, 1993 г.), на Всесоюзных семинарах по социальной информатике (Москва, 1994, 1995, 1996, 1997 гг.), на VII конгрессе Международного Форума информатизации (МФИ-94), на XI Международной конференции по логике, методологии, философии науки (Обнинск, 1995 г.), на XXIII Международной конференции по новым информационным технологиям в науке, образовании и бизнесе (Гурзуф, 1996 г.), на Международной научно-практической конференции по регулированию внешнеэкономической деятельности и эволюции таможенной политики России (Москва, 1996 г.), на Международной конференции по информатике и управлению (Санкт-Петербург, 1997 г.).

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 48 печатных работах, внедрены и используются в академических и научно-исследовательских организациях, а также в Российской таможенной академии и ГТК РФ.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, семи разделов и заключения. Объем рукописи составляет ~~435~~ ⁴³⁵ страниц: ~~291~~ - основного текста, ~~128~~ иллюстрированного материала (19 таблиц и 137 рисунков) и списка литературных источников на ~~10~~ страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

В разделе 1 «Введение» обоснована актуальность работы, сформулирована цель и определены задачи исследования, приведены основные защищаемые положения, дано краткое описание разделов диссертации.

В разделе 2 проводится анализ проблем автоматизации информационно-вычислительных систем в научных, проектных и экспериментальных исследованиях. Предметом анализа являются ИВС, широко используемые как инструмент автоматизации современных комплексных исследований сложных процессов и явлений.

В первой части раздела, в ходе обсуждения актуальных проблем проектирования ИВС и направлений ее модернизации, установлено, что для экспериментов, осуществляемых с использованием традиционной ИВС, характерным является низкий уровень физического, технологического и интеллектуального взаимодействия основных компонент, определяющих эффективность проводимых исследований: объекта исследования (макросистемы), человека (исследователя) и ИВС (инструмента исследования). Показано, что отсутствие согласованной эволюции этих систем в процессе научного эксперимента существенно снижает достоверность исследований, а также ограни-

чивает возможности адаптации научного эксперимента к условиям его реальной динамики.

В диссертации рассмотрены общие и специфические свойства ИВС, в ходе анализа показано, что их возможности и ограничения предопределены концепцией и методологией системного подхода. Поэтому традиционно системный подход предполагает постоянную модернизацию ИВС для преодоления этих ограничений. В диссертации проведен анализ направлений модернизации современных систем автоматизации, их структуры, технической базы и организации информационно-вычислительного процесса. Отмечается, что в настоящее время в качестве концептуально-методологической платформы модернизации рассматривается системная интеграция, которая сводится к собиранию в единую вычислительную систему (путем разрешения проблем совместимости) следующих компонентов: технических платформ, общесистемных и проблемно-ориентированных программных комплексов, информационных сред и инструментальных средств. В результате осуществляются согласование и интеграция определенных функций в пределах создаваемой ИВС, но не обеспечивается появление новой (по свойствам и функциям) *целостности* ИВС, как необходимого условия эффективного проектирования и функционирования интеллектуальных систем.

Показано, что концептуальной основой повышения эффективности исследований на основе автоматизации является дальнейшая разработка системного подхода, направленная на устранение существенного противоречия между детерминированным характером традиционного проектирования и динамикой условий функционирования ИВС.

Исходя из опыта создания и применения ИВС в научных исследованиях, на основе анализа направлений теоретических исследований, практических работ по модернизации систем и оценки эффекта достигаемого в результате модернизации, обоснована **объективная потребность и актуаль-**

ность перехода на новые концептуальные и методологические принципы создания систем автоматизации, интегрирующих знания на всех этапах научного исследования.

Обсуждению актуальных задач автоматизации интеллектуальных ИВС посвящена вторая часть раздела. В целом анализ традиционных ИВС как систем автоматизации научных, проектных и экспериментальных исследований, в особенности, больших (глобальных) систем выдвигает следующие требования к эффективной автоматизации: согласованность эволюции трех взаимодействующих систем: макросистемы, человека, ИВС; учет человека-исследователя в качестве активного элемента ИВС; ускорение сроков модернизации ИВС в процессе научного эксперимента; учет информативной неопределенности (устранимой и неустранимой) в процессе исследования; высокая скорость адаптации к динамике условий проведения эксперимента.

Анализ проблем реализации этих требований, их взаимосвязей, достижимого уровня создания интеллектуальных технологий, принципов и функциональных особенностей интеллектуального взаимодействия исследователя и ИВС позволил выявить определяющее значение интегрированных интеллектуальных технологий (метатехнологий) в системах эффективной автоматизации. Тем самым выявлена актуальность дальнейшего развития принципа системной интеграции, ориентированного на обеспечение целостности знаний при эволюции условий научного эксперимента и макросистемы.

По результатам рассмотрения концепции интеллектуальной ИВС и анализа ограничений традиционных методических, технологических и инструментальных средств научного эксперимента сформулирована **проблема целостно-эволюционной интеллектуализации ИВС** как проблема эффективной автоматизации научных исследований. Проведен обзор работ, позволяющих определить актуальность и возможные пути достижения поставлен-

ной цели. При этом рассмотрены методологические предпосылки целостно-эволюционной интеллектуализации (ЦЭ-интеллектуализации) и показано, что данная работа идеологически и методологически является развитием метода эволюционного моделирования, разработанного И.Л. Букатовой для целей автоматизации исследований.

В диссертации сформулированы актуальные задачи разработки метода ЦЭ-автоматизации ИВС: разработка идеологии целостно-эволюционной интеграции (ЦЭ-интеграции далее), методологии и технологий приобретения, формирования и использования знаний в ИВС на различных этапах научного исследования. Центральное место здесь занимают задачи создания формализованного языка, элементов теории когнитивной динамики, развития принципа системной интеграции, ориентированных на создание и сохранение целостности при эволюции условий научного эксперимента.

В разделе 3 разработана теоретико-познавательная модель интеллектуализации ИВС, которая раскрывается через целостно-эволюционное представление системы, структуру когнитивных процессов (К-процессов) и модели каналов приобретения знаний.

Центральное место в целостно-эволюционном представлении занимает совокупность «вложенных» систем, включающая макросистему (объект автоматизации), метасистему (исследователь+ИВС) и систему (ИВС). Проведен анализ ИВС как элемента мета- и макросистемы. Показано, что процесс функционирования ИВС - это единый процесс формирования знаний или К-процесс, связывающий системный, метасистемный и макросистемный уровни.

В общей схеме целостного представления интеллектуальная ИВС взаимодействует с мета- и макросистемой на уровне знаний, образуя единый когнитивный канал (К-канал) их приобретения, формирования и использования. Такие знания отражают как динамику эволюции мета- и макросистемы,

так и согласованные с ней структурные изменения собственно ИВС. При этом ИВС, как К-канал, характеризуется пространственно распределенными интеллектуальными возможностями (общим интеллектуальным ресурсом), что находит отражение в соответствующих изменениях топологии ИВС и ее функционирования.

В соответствии с данными положениями на рис.1 представлена структура общего К-канала приобретения знаний. Принципиальным моментом здесь является иерархическая вложенность К-каналов, интегрированных баз знаний (ИБЗ) и, соответственно, К-процессов приобретения знаний.

Процессы взаимодействия между каналами и соответствующие им связи разбиваются на два типа: связи, определяющие процесс приобретения знаний, соответственно: прямые и обратные связи взаимодействия макросистемного (Y_m, I_m), метасистемного (Y_s, I_s) и системного (Y_t, I_t) уровней; связи, отражающие продуктивное взаимодействие элементов структуры на основе результатов познания, соответственно: связи продуктивного взаимодействия макросистемного D_m , метасистемного D_s и системного D_t уровней. Структура и состав процессов приобретения знаний в общем К-канале приведена на рис.2.

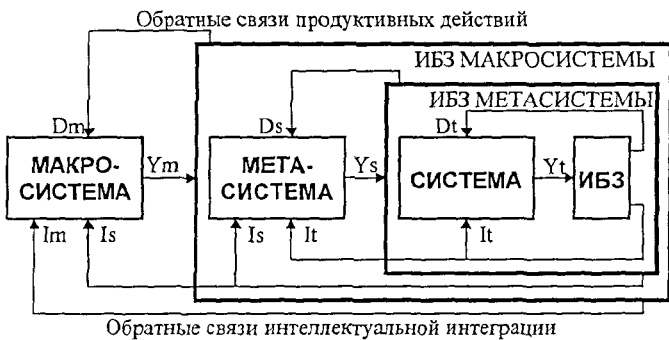


Рис. 1. Структура общего когнитивного канала приобретения знаний.

В качестве элементарной ячейки приобретения знаний автором рассматривается К-канал, в котором выделены основные процессы формирования нового знания - процессы интеллектуальной интеграции и интеллектуализации. Процесс настройки структуры К-канала любого уровня вложенности при когнитивном воздействии с К-каналом более высокого уровня называется *интеллектуальной интеграцией*. Далее по тексту используется термин *ЦЭ-интеграция*.

Процесс интеллектуализации макро-, метасистемы или системы - это процесс формирования и передачи знаний (метазнаний) в соответствующую интегрированную базу знаний на основе реализации К-процесса с соответствующей последовательностью интеллектуальных функций или совокупности К-процессов.

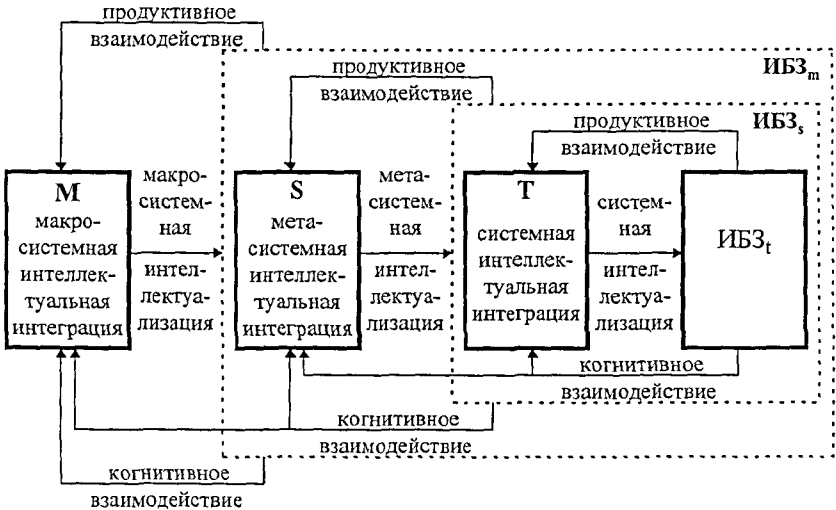


Рис. 2. Структура процессов приобретения знаний в общем К-канале.

Совокупность интеллектуальных функций, их место и роль в процессе приобретения знаний макросистемы представлена на рис.3.

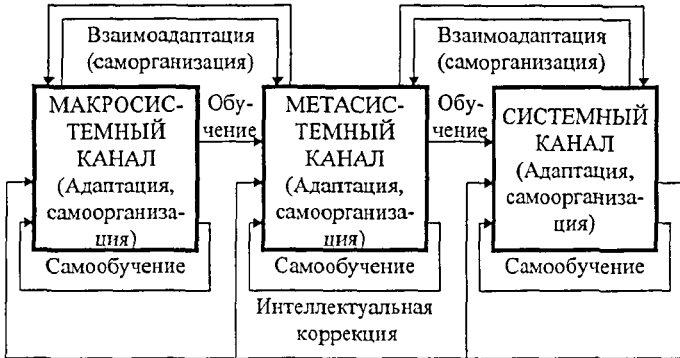


Рис. 3. Место и роль интеллектуальных функций в когнитивных каналах.

В диссертационной работе проведен анализ 29-ти К-процессов по спектру выполняемых ими интеллектуальных функций, по месту и роли этих функций в К-каналах, по условиям их реализации. К-процессы объединены в группы - обобщенные интеллектуальные функции. Для анализа реализации обобщенных интеллектуальных функций разработаны общие и частные функциональные модели К-каналов, универсальная модель «вложенного» К-канала, а также созданные на их основе метамоделли К-каналов, ориентированные на выполнение конкретных обобщенных интеллектуальных функций.

Таким образом, интеллектуализация на основе целостно-эволюционного представления приводит к сложной схеме выполнения когнитивных процессов, каждый из которых реализуется набором методов, методик, алгоритмов, процедур и программных средств.

В разделе 4 представлены постановка и теоретическое решение задачи определения структуры и принципов функционирования К-канала любого уровня вложенности, обеспечивающего формирование эффективного К-аттрактора, - основной задачи целостно-эволюционной интеллектуализации ИВС. На ее решение ориентированы разработанные язык понятий, их фор-

мализация и методологические средства, составляющие основы теории когнитивной динамики.

Вводится система понятий и определений, на базе которых в конечном счете создано теоретическое описание (условно, модель) идеализированного объекта - процесса приобретения знаний в общем когнитивном канале (см. рис. 1). В качестве основных представлены следующие понятия: *вложенная система, когнитивный канал, когнитивный аттрактор, базовая парадигма, структур-стратегия, когнитивный процесс, процесс интеллектуальной интеграции, процесс интеллектуализации, продуктивные действия, метатехнология.*

Постановки общей и частных задач когнитивной динамики представлены в векторной и графико-аналитической формах, что значительно расширяет спектр интегрируемых методов их решения.

В первом случае вводятся вектора $RY_i(t)$ и $RY_{i+1}(t)$ как интегральные когнитивные характеристики каналов K_i и K_{i+1} соответственно, и вектор $RI(t)$ как их сумма. При этом показано, что вектор $RI(t)$ характеризует целостность К-процесса, а поиск закономерностей его эволюции связан с решением следующих *основных задач когнитивной динамики*:

- определение процессов интеллектуализации и ЦЭ-интеграции - разработка парадигм и метаправил формирования векторов $RI(t)$, $RY_i(t)$ или $RY_{i+1}(t)$ и их исследование;
- исследование согласованности динамики векторов $RI(t)$, $RY_i(t)$, $RY_{i+1}(t)$ - определение условий согласования временных темпов взаимодействия;
- определение закономерностей прогрессивной эволюции векторов $RI(t)$, $RY_i(t)$, $RY_{i+1}(t)$ и соответствующих процессов;
- исследование процесса прогрессивной эволюции знаний в целях достижения эффективного функционирования $Q(t)$ вложенных систем.

Одновременно принято, что целью К-процесса макросистемы является прогрессивная эволюция ее знаний, формируемых в виде целостной совокупности представлений о структурах вложенных систем в процессе их эволюции. Внешнее (функциональное) проявление закономерности этих процессов определено в виде структур-стратегий макро-, метасистемы и системы соответственно. *Структур-стратегия* это зависимость, характеризующая эффективность некоторой вложенной системы с фиксированной структурой.

Разработанная общая постановка задачи когнитивной динамики представлена в следующем виде. Для измеряемых (задаваемых) значений:

$Q(t) = Q \{ \{ Q_i(t) \} \}$ - эффективности функционирования вложенных систем (i - номер вложенной системы, $i=1,2,\dots$);

$RI(t) = RI \{ f(t), \{ RY_i(t) \}, RY_{i+1}(t) \}$ - параметра, характеризующего интеллектуальный ресурс рассматриваемой совокупности систем

определить эффективную структур-стратегию $S^*(t)$ в соответствии с критерием:

$$\max Q (RI_{i1} \dots, RI_{in}), i=1, \dots, m; j=1, \dots, n,$$

или

$$\min Q (RI_{i1} \dots, RI_{in}), i=1, \dots, m; j=1, \dots, n,$$

при ограничениях: $Q_i(t) > Q_i(0), f_n < f(t) < f_k$,

где $Q_i(0)$ - минимально допустимое значение параметра эффективности i -ой вложенной системы; n - число вложенных систем; m - число рассматриваемых структур-стратегий; $f(t)$ - показатель согласованности (или баланса) векторов RI и RY ; f_n, f_k - заданные пределы изменения показателя $f(t)$.

В работе показано, что по своему содержанию представленная задача - есть задача синтеза эффективного К-аттрактора системы.

При разработке постановки задач в графико-аналитической форме относительно макросистемы можно утверждать, что ее K -канал Dm представляется множеством вложенных K -каналов Im , а каждый из них в свою очередь имеет различные варианты оптимальной (рациональной) реализации или структур-стратегии Dmx . Соответственно $Im = \{Dmx\}$, $x=1,2,\dots$. Кроме того каждая структур-стратегия параметрически описывается соответствующей ей *характеристической кривой* Emx . Это характеристика макросистемы в условиях реализации структур-стратегии Dmx . Следовательно Im в общем случае характеризуется следующим множеством: $Im = \{<Dmx, Emx>\}$, $x=1,2,\dots$. Соответственно, потенциальные параметры функционирования макросистемы определяются следующим набором: макросистемный K -канал \Rightarrow структур-стратегия \Rightarrow характеристическая кривая. Соответствующая формальная запись имеет вид: $Dm := Im \Rightarrow Dmx \Rightarrow Emx$. Аналогично представляются формальные записи для метасистемы и системы: $Ds := Is \Rightarrow Dsy \Rightarrow Esy$; $Dt := It \Rightarrow Dtz \Rightarrow Etz$.

Для визуализации функционирования метасистемы в условиях согласованно эволюционирующих систем разработан аппарат графико-аналитической визуализации, представленный на рис.4. Здесь изображен квадрант, I и IV квадраты которого отражают параметры функционирования макро- и метасистемы соответственно, а II и III квадраты - характеризуют когнитивный ресурс метасистемы. В I квадрате деятельность макросистемы определяется условиями $Dm: Ym(t) \Rightarrow Dmt \Rightarrow Em(t)$ и представлена динамикой проблемных ситуаций, задаваемых макросистемой $Em(t) = Ym(t)$. II и III квадраты отображают когнитивные возможности метасистемы ($Is \Rightarrow Dsy \Rightarrow Esy$) и системы ($Io \Rightarrow Doz \Rightarrow Eoz$) с соответствующими когнитивными характеристическими зависимостями: $Esy = Esy(Em)$ и $Eoz = Eoz(Es)$. В IV квадрате представляется продуктивная структур-стратегия метаси-

стемы $Ys(t) \Rightarrow Dst \Rightarrow Es(t)$, характеризуемая параметрами ее эффективности: $Es(t) = Es [Em(t), Esy, Eoz, t]$.

На рис.4 представлена графическая интерпретация ЦЭ-интеграции метасистемы на основе ансамблей когнитивных структур-стратегий системы и метасистемы в условиях эволюции параметров макросистемы. По сути - это процесс поиска для метасистемы нового качества (свойства) в виде глобальной эффективности на основе интеграции локально эффективных когнитивных структур-стратегий метасистемы и системы для реальной проблемной ситуации. В данном случае на когнитивном уровне представления метасистемы обеспечивается интеграция К-каналов системы и метасистемы в общий К-канал, К-аттрактор которого характеризуется соответствующей

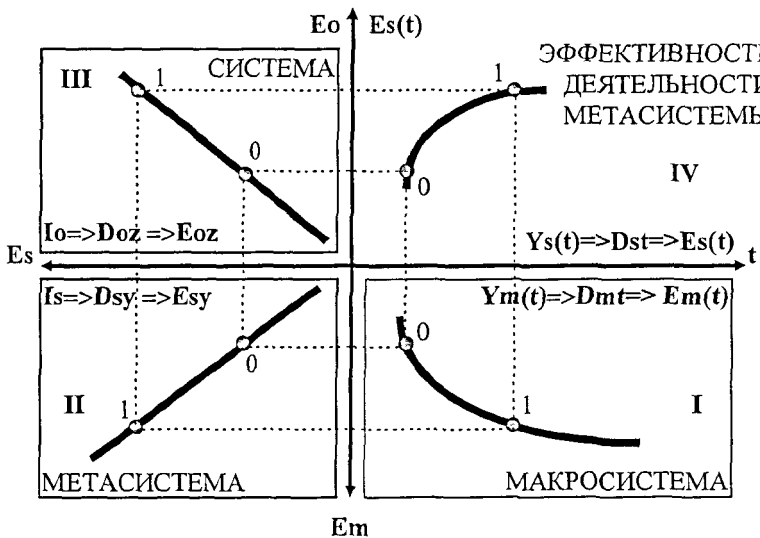


Рис.4. Графико-аналитическая визуализация ЦЭ-интеграции метасистемы.

глобальной эффективностью. Предложенный аппарат графико-аналитической визуализации позволяет интерпретировать графически процесс ЦЭ-интеграции и интеллектуализации для любой вложенной системы и, тем самым, отслеживать эффективность ее деятельности в зависимости от

состава актуализируемых структур-стратегий вложенных систем и динамики макросистемы.

В составе задач когнитивной динамики в качестве центральной определена задача мониторинга (оперативного, оперативно-стратегического, стратегического) когнитивного процесса, а так же выделены ее подзадачи: синтеза структур-стратегий, свертки и согласованности временных темпов вложенных систем.

Предложенный аппарат визуализации позволил провести анализ интеллектуальных функций (обучения, адаптации, самоорганизации), разработать методики их реализации в целях ЦЭ-интеграции и интеллектуализации, а также установить *основные свойства* когнитивных и продуктивных структур-стратегий вложенных систем: *трансформации, устойчивости и предпочтительности*.

В работе показано, что основу решения задач когнитивной динамики составляет *метатехнология ЦЭ-интеграции*, включающая следующие компоненты: когнитивную базовую технологию $PR(I)$, продуктивную базовую технологию $PR(D)$, эффективную когнитивную технологию $PR^*(I)$ и эффективную продуктивную технологию $PR^*(D)$. В диссертации установлены основные режимы конкретного функционирования метатехнологии в зависимости от проблемной ситуации $Y(t)$.

В диссертации сформулирована и доказана *основная теорема когнитивной динамики*, устанавливающая условия согласованности вложенных K -каналов макросистемы: вложенные когнитивные каналы макросистемы являются полностью согласованными, если общее время полного технологического цикла формирования ее когнитивного аттрактора не превышает допустимого. В ходе ее доказательства рассмотрен полный технологический цикл формирования метазнания в процессе трансформации проблемной си-

туации макросистемы и определены принципы согласования временных темпов вложенных К-каналов.

В целом введенные базовые понятия, формализация задачи мониторинга когнитивного процесса, предложенный аппарат графико-аналитической визуализации, установленные свойства структур-стратегий совместно эволюционирующих систем, установленные принципы согласованности временных темпов вложенных К-каналов, методики реализации интеллектуальных функций являются необходимой и достаточной теоретической основой для создания метатехнологии целостно-эволюционной интеллектуализации.

В разделе 5 на основе развитой теории разработана метатехнология ЦЭ-интеллектуализации макросистемы, определена структура общего К-аттрактора, установлены базовые парадигмы метатехнологии и основные ее режимы актуализации. Здесь и далее термин "*парадигма*" употребляется в общепринятом значении как теория (или модель), принятая в качестве образца решения исследовательских задач.

Когнитивно-продуктивную метатехнологию (КПМТ) ЦЭ-интеллектуализации макросистемы определим как парадигму прогрессивного развития знаний на основе ЦЭ-интеграции вложенных когнитивных и продуктивных процессов.

Основное содержание парадигмы КПМТ PRm заключено в интеграции парадигм синтеза знаний макросистемы $PR(I)$ и их использования $PR(D)$ в условиях эволюции проблемной ситуации $Y(t)$ в макросистеме. Структура парадигмы PRm представлена в виде следующей записи:

$$Y(t)$$

$$PRm = PR[PR(I) <-----> PR(D)],$$

где символ $<----->$ отражает наличие целостностной взаимосвязи парадигм $PR(I)$, $PR(D)$ в условиях эволюции $Y(t)$.

Для вложенных К-процессов, эволюция $Y(t)$ происходит по трем взаимосвязанным направлениям: информационному (в виде эволюции информации о состоянии объекта автоматизации) Y_m, Y_s, Y_t ; когнитивному (в виде предыстории автоматизации, содержащейся в базах знаний) I_m, I_s, I_t ; продуктивному (в виде продуктивных знаний о вложенных системах, их структурно-параметрических характеристиках) D_m, D_s, D_t .

Определенное сочетание условий Y, I, D задает конкретный трафик $PR(D)$ и стратегию развивающегося в нем когнитивного процесса $PR(I)$. Анализ эволюции проблемных ситуаций макросистемы позволил установить для нее *базовые парадигмы* КГПМТ прогрессивного развития знаний или ЦЭ-автоматизации. Это следующие парадигмы:

- парадигма трансформации проблемной ситуации, определяемая для i -го вложенного К-канала в виде оптимальной передаточной функции:

$$\begin{array}{l} Y_{i+1} \quad Y_{i-1} \\ \text{----> } PR^*(I_i) \text{ ---->, } i=1,2,\dots,N; \\ PR^*(D_i) \end{array}$$

- парадигма адаптации или развития продуктивной технологии каждого вложенного К-канала:

$$\begin{array}{l} Y_{i+1} \\ \text{---->} PR(D_i, t) \text{ -->} PR^*(D_i), I=1,2,\dots,N; \\ PR^*(I_i) \end{array}$$

- парадигма адаптации или развития когнитивной технологии каждого вложенного К-канала:

$$\begin{array}{l} Y_{i+1} \\ \text{---->} PR(I_i, t) \text{ -->} PR^*(I_i), I=1,2,\dots,N; \\ PR^*(D_i) \end{array}$$

- парадигма интеграции когнитивных и продуктивных технологий вложенных К-каналов:

$$\begin{array}{ccc}
 Y_{i+1} & & Y_i & & Y_{i-1} \\
 \text{----} & \rightarrow & PR(I_i, t) & \rightarrow & PR^*(I_i) & \text{----} & \rightarrow & PR(I_{i-1}, t) & \rightarrow & PR^*(I_{i-1}) & \text{----} & \rightarrow, \\
 PR^*(D_i) & Z^*_{i-1} & \rightarrow & Z_i & PR^*(D_{i-1}) & Z^*_{i-1} & \rightarrow & Z_{i-1} \\
 i=1, \dots, N;
 \end{array}$$

• парадигма развития или интеграции знаний:

$$\begin{array}{ccc}
 Y_{i-1} \\
 \text{----} & \rightarrow & PR(I_{i-1}, t) & \text{----} & \rightarrow & Z^*(i-1), \quad i=1, 2, \dots, N. \\
 PR^*(D_i)
 \end{array}$$

На основе анализа формализованной структуры процесса накопления знания в макросистеме установлено, что структура общего К-аттрактора является результатом реализации процессов прогрессивного накопления знаний в пределах каждого К-канала, то есть общий К-аттрактор является совокупностью вложенных К-аттракторов соответствующих вложенных К-каналов.

Исследование полного списка проблемных ситуаций и условий формирования позитивного аттрактора для ИВС позволило определить следующие *базовые парадигмы* КПМТ прогрессивного развития знаний или *ЦЭ-автоматизации ИВС*: парадигму реализации продуктивных действий; парадигму изменения (коррекции) когнитивного ресурса; парадигму изменения (коррекции) продуктивного ресурса; парадигму адаптации когнитивного ресурса; парадигму адаптации продуктивных действий; парадигму развития когнитивной технологии; парадигму развития продуктивной технологии.

В результате разработан метаалгоритм когнитивно-продуктивной метатехнологии ИВС, представленный на рис.5, который включает на информационном уровне представления идентификацию (формирование) проблемной ситуации, на когнитивном уровне - реализацию интеллектуальных функций в условиях соответствующей проблемной ситуации, а на продуктивном - реализацию базовых парадигм для актуализации продуктивной тех-

нологии. Определены взаимосвязи режимов функционирования системного К-канала и соответствующих К-процессов с параметрами и компонентами информационного, когнитивного и продуктивного уровней.

Комплексным результатом разделов 3, 4 и 5 является концептуально, методологически и теоретически разработанные метод и метатехнология ЦЭ-автоматизации, которые сохраняют целостность процесса приобретения, накопления и использования знаний при эволюционной динамике характеристик ИВС и обеспечивают ее эффективное исследование, проектирование и функционирование в условиях информативной неопределенности. В работе показано, что разработанный метаалгоритм КПМТ позволяет синтезировать от начала до конца метатехнологию ЦЭ-автоматизации научного эксперимента и исследования, а также развивать ее в соответствии с изменением целей и условий автоматизируемых исследований.

В разделе 6 разработаны средства ЦЭ-автоматизации исследования и оптимизации структур-стратегий ИВС. Они ориентированы на обеспечение эффективного функционирования реальных информационно-вычислительных систем на всех основных этапах жизненного цикла: постановки задачи проектирования ИВС; создания методического обеспечения проектируемой системы; разработки инструментально-технологического обеспечения эффективного функционирования; исходного синтеза и последующей модернизации реальной системы; интеллектуализации всех компонент ИВС. Это обеспечивает ЦЭ-интеграцию методического и инструментального обеспечения в целях решения широкого спектра задач исследования жизнеобеспечения информационно-вычислительных систем.

В состав критериев оптимизации, используемых на различных этапах проектирования системы, предложено включить критерии эффективности, устойчивости и стоимости. Показано, что все предъявляемые к ИВС критерии (как сформулированные заказчиком, так и введенные разработчиком)

разбиваются на две группы: более приоритетные аддитивно входят в основной критерий Q_0 , подлежащий минимизации (максимизации), а остальные (вспомогательные) выступают в форме системы ограничений.

Разработанная математическая постановка задачи оптимизации структур-стратегий системы задает многофакторное пространство поиска, представляемое потоковой моделью ИВС, моделью ее функционирования, инструментально-технологической и критериальной моделями.

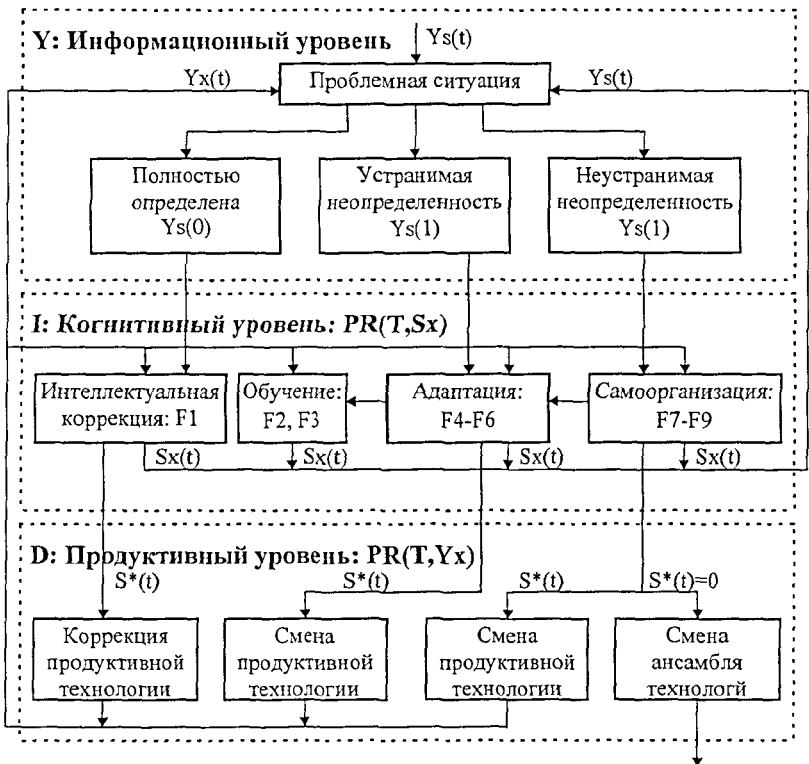


Рис. 5. Метаалгоритм когнитивно-продуктивной метатехнологии ИВС.

Основными компонентами разработанной общей методики оптимизации структур-стратегии ИВС являются: методика оптимизации технико-функциональных (потенциальных) возможностей идеальной (с позиции на-

дежности) ИВС, методика оценки неопределенности в параметрах, определяющих факторное пространство оптимизации, а также методика моделирования структурно-параметрической эволюции системы.

В последней на основе целостно-эволюционного подхода интегрированы методы локального и глобального структурного синтеза, а также метод коррекции процесса моделирования. В результате глобальный эволюционный структурный синтез представляет собой совокупность цепочек поисковых шагов, отличающихся начальными условиями (исходной точкой поиска) и, для адаптивного поиска, алгоритмом генерации поисковых шагов. Каждая цепочка заканчивается моделированием некоторой структур-стратегии, на которой достигается локальный экстремум Q_0 . Полученная структур-стратегия является «точкой» глобального поиска.

Эволюционный алгоритм локального поиска, точнее его однократное применение, составляет один шаг глобального поиска. Его схема приведена на рис. 6. Основу алгоритма составляют методы альтернативной структурной адаптации и эволюционного структурного синтеза.



Рис. 6. Схема эволюционного алгоритма локального структурного поиска.

В диссертации также представлен обобщенный алгоритм эволюционной оптимизации, который задает следующие этапы эволюционного синтеза ИВС: оптимизации структуры идеальной ИВС, определения аппаратно-программного ресурса и оптимизации интеллектуальных возможностей ИВС. Его специфическими особенностями являются: согласование различных используемых критериев оптимизации для каждого из этапов, а также привлечение адекватных методов для решения задач оптимизации. Алгоритм разработан для исследования модульной организации структуры ИВС и обладает высокой степенью универсальности и гибкости.

В целом предложенные в работе схема декомпозиции задачи оптимизации и ЦЭ-интеграция методов ее решения, позволяют осуществлять как локальный, так и глобальный синтез структур-стратегий ИВС на основе широкого выбора частных эволюционных методик оптимизации в заданном факторном пространстве поиска.

Раздел 7 представлен средствами концептуального (исследовательского) проектирования интеллектуальной ИВС, полученными на основе метода ЦЭ-автоматизации. Проектирование системы на предпроектном этапе осуществляется на трех основных уровнях: I- параметрическом (разработка методов и моделей анализа и синтеза параметрической структуры); II - функциональном (разработка стратегии и средств интеллектуализации); III - физическом (разработка способов повышения интеллектуальных возможностей ИВС). Соответственно рассматриваются уровни ЦЭ-интеграции интеллектуальной ИВС и структурируются задачи проектирования (рис.7).

Разработанная технология исследовательского проектирования интеллектуальной ИВС обеспечивает решение задач проектирования как на основе обучения (с экспертом), так и в процессе самоорганизации. Схема тех-

нологического процесса проектирования, обладающая интеллектуальными свойствами, представлена на рис.8. В ее составе следующие основные элементы:

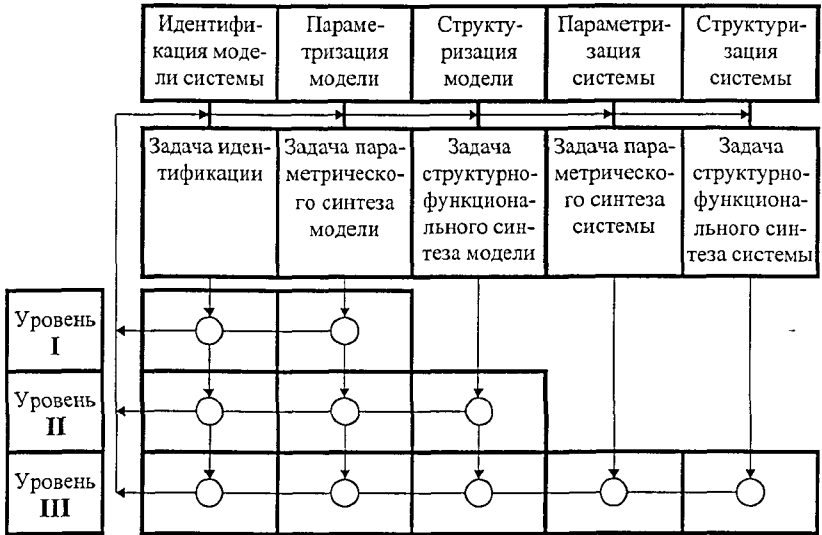


Рис.7. ЦЭ-интеграция задач проектирования интеллектуальной ИВС.

- база знаний (БЗ), содержащая типовые проблемные ситуации, типовые оптимальные (для соответствующей проблемной ситуации) модели системы и варианты их реализации;
- имитационная модель, обеспечивающая моделирование изменений внешней среды и ИВС;
- тракт обучения, обеспечивающий синтез типовых моделей системы и их оптимальную реализацию;
- тракт идентификации, обеспечивающий идентификацию проблемной ситуации и выбор адекватной модели реализации системы;
- тракт самоорганизации, обеспечивающий использование типовой модели системы реальной проблемной ситуации и синтез стратегии перевода системы в состояние адекватное такой модели;

- тракт мониторинга, обеспечивающий ЦЭ-интеграцию методов, алгоритмов и средств управления технологическим процессом;
- интеллектуальный интерфейс лица принимающего решение (исследователя).

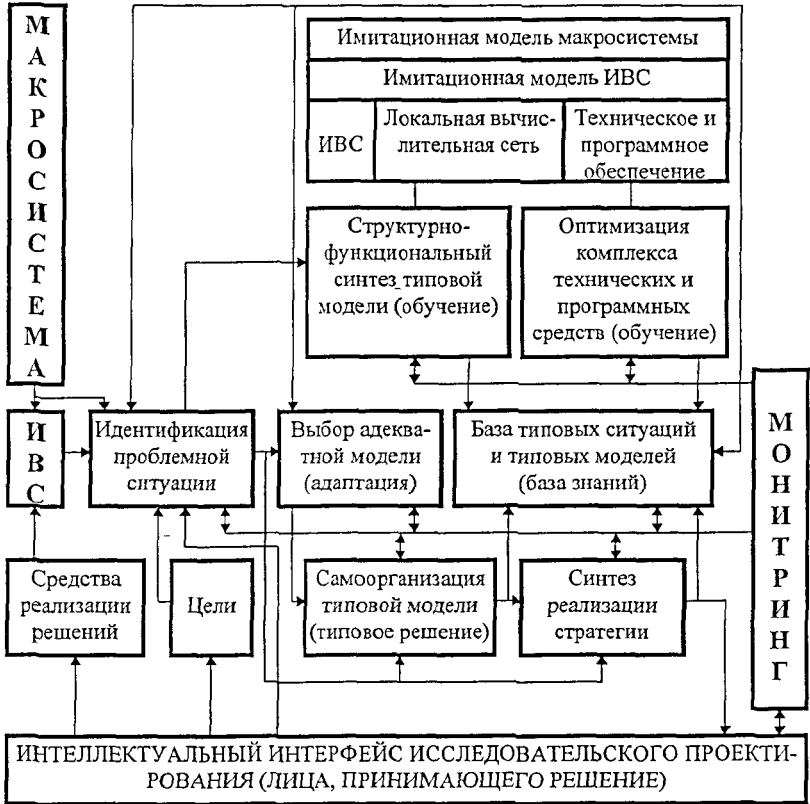


Рис. 8. Схема технологии исследовательского проектирования интеллектуальной ИВС.

Данной схемой обеспечена реализация следующих технологических функций: обучение с экспертом, осуществляемое до этапа проведения научного эксперимента; проектирование без самообучения, осуществляемое на этапе проведения эксперимента; проектирование с самообучением и самоор-

ганизацией, осуществляемые автоматически на этапе проведения эксперимента.

В рамках данной технологии ИВС как объект проектирования представляется на четырех уровнях вложенности - на уровне макросистемы, системы, подсистем и элементов, по которым соответствующим образом распределяются процессы структурно-функционального синтеза, параметрического анализа и показатели эффективности. При этом установлено, что проектируемую интеллектуальную ИВС характеризуют показатели интеллектуальных возможностей, эффективности и параметрической устойчивости системы.

ЦЭ-интеграцию и интеллектуализацию ИВС по ее функциям и параметрам для любого из уровней вложенности целостно-эволюционный подход позволяет осуществить по некоторому типовому механизму, суть которого заключается в следующем. Если имеется α^* уровней иерархического представления системы, и для исследуемого уровня ($\alpha = \overline{1, \alpha^*}$) получены условия структурного (Sa) и параметрического (fa) синтеза по связям YS и YF соответственно, то “запускаются” согласованные алгоритмы локального структурного синтеза и параметрической локальной оптимизации, представленные в диссертации.

Метод ЦЭ-автоматизации на этапе научных и проектных исследований ИВС позволяет формировать концептуальную модель системы с самоорганизующейся структурой и интеллектуальными возможностями по накоплению и использованию знаний в изменяющихся условиях эксперимента, и, тем самым, предоставляет возможность повысить эффективность проектных исследований, значительно расширить объемы и существенно сократить сроки модернизации ИВС.

В разделе 8 на основе разработанного целостно-эволюционного представления интеллектуальных ИВС, метода и средств ЦЭ-автоматизации ре-

шены следующие задачи автоматизации научных, проектных и экспериментальных исследований реальных систем и процессов, характерных для таможенной службы России: создание концептуальной модели таможенной службы России, как объекта автоматизированного исследования; исследование процессов и синтез метатехнологии регулирования деятельности таможенной службы на основе автоматизированного накопления знаний; разработка концепции развития информационного обеспечения таможенных органов России; автоматизация процессов управления таможенными органами и создания информационно-обучающих технологий и систем.

Как объекты исследования, так и соответствующие задачи, в представленном комплексе характеризуются неустранимой информационной неопределенностью, сложными взаимосвязями и различной физической природой взаимодействия компонент, эволюционными процессами, протекающими в различном временном темпе, сложной структурной организацией. По существу это многофункциональные, многосвязные, многопараметрические (многокритериальные) эволюционирующие объекты - сложные организационно-технические системы.

Соответствующий анализ показывает, что применение традиционных методов значительно ограничивает возможность их эффективных исследований и позволяет получать лишь частные результаты, поскольку на основе традиционного системного подхода, эти системы исследуются лишь как самостоятельные. При этом не учитывается целостность таможенной службы, согласованность условий ее эволюции и эволюции требований, предъявляемых к ней.

С позиции целостно-эволюционного представления современная таможенная служба как единая система таможенных органов (ЕС ТО) РФ занимает строго определенное место в политико-экономической деятельности России (рис.9). При этом она может рассматриваться как вложенная система,

реализующая присущие ей таможенные функции: регулирующие, контрольно-финансовые (фискальные) и контрольно-охранительные в целях эффективной реализации ВЭД, экономической политики России и политики государственной безопасности соответственно.

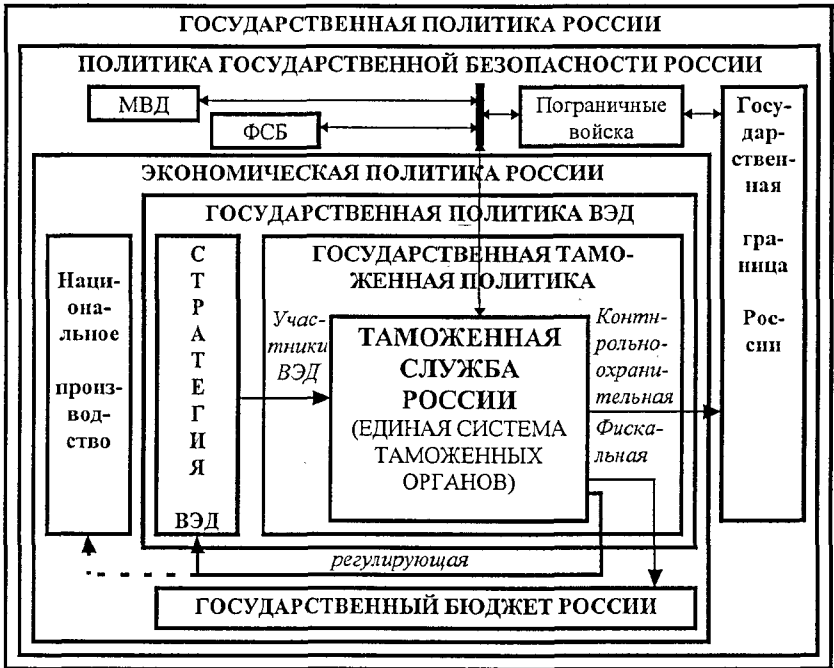


Рис.9. Место и роль таможенной службы в политико-экономической деятельности России с позиции целостно-эволюционного представления.

В свою очередь, таможенная служба, с той же позиции целостно-эволюционных представлений - это совокупность эволюционирующих вложенных систем. Нижний или первый уровень данной совокупности представляется системой технологического обеспечения (СТО). Это распределенная многоуровневая система технических и информационных сред и средств, обеспечивающих деятельность личного (кадрового) состава тамо-

женных органов. Второй уровень вложенности представлен единой системой таможенных органов. В рамках такой системы специалисты таможенной службы решают поставленные перед ними задачи, используя возможности СТО по предписанным процедурам деятельности. В свою очередь, ЕС ТО РФ является одним из элементов системы внешнеэкономической деятельности государства или в общем случае России как макросистемы.

Как показал анализ, целостность процессов эволюционного развития (модернизации) этой совокупности систем обеспечивается целостностью процесса накопления знаний в многоуровневой системе информационных потоков. В соответствии с целостностно-эволюционным представлением это означает, что основным компонентом внешнеэкономической деятельности РФ является интегрированная база знаний (БЗ), содержимое которой в конечном итоге и определяет эффективность такого рода деятельности. В качестве одного из элементов в нее входит ЕС ТО РФ и ее интегрированная база знаний. В свою очередь, интегрированная база знаний таможенных органов РФ включает систему технологического обеспечения и ее базу знаний (данных). Именно с этих позиций и определена вложенность совместно эволюционирующих систем (рис.10). При этом основная цель их совместного функционирования и развития - согласованная прогрессивная эволюция деятельности (внешнеэкономической, таможенной и обеспечивающей). Исходя из этих условий на основе метода целостно-эволюционной автоматизации в диссертации разработана общая стратегия решения проблемы модернизации таможенной службы России и определен состав задач, подлежащих исследованию.

Показано, что согласованная эволюция систем внешнеэкономической деятельности, таможенных органов и их технологического обеспечения обеспечивается в рамках когнитивно-продуктивной метатехнологии. Это позволяет, как показывают проведенные исследования, использовать разрабо-

танные методики и средства ЦЭ-интеграции и интеллектуализации и создавать соответствующие когнитивно-продуктивные метатехнологии, ориентированные на эффективное проведение исследований по следующим направлениям:

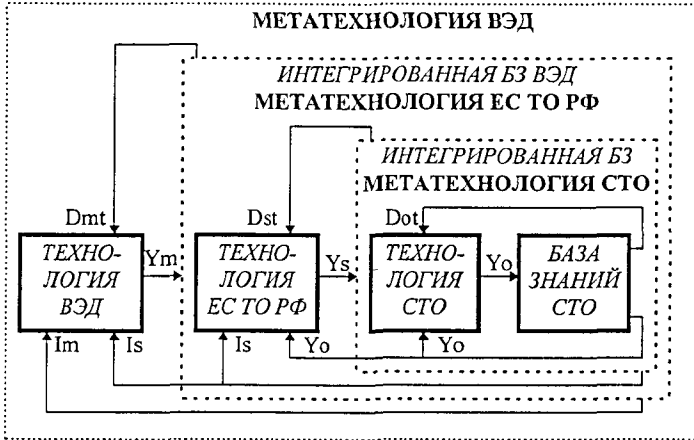


Рис.10. Метатехнология совместно эволюционирующих систем

- обеспечение устойчивой эволюции систем ВЭД, ЕС ТО РФ и СТО в согласованных условиях функционирования;
- оптимизация принятия решений в реальном масштабе времени;
- обеспечение эффективных механизмов управления деятельностью ЕС ТО РФ на основе методов обучения, самообучения, адаптации и самоорганизации;
- интеграция возможностей классических принципов управления с механизмами гибкого регулирования.

В подразделе 8.2 разработано формальное представление метатехнологии деятельности ЕС ТО РФ. Функционирование такой системы $Y_s(t)$ на рассматриваемом временном интервале T_s задается набором когнитивных структур-стратегий и характеризуется соответствующей динамической кривой $E_s(t)$.

Для визуализации функционирования ЕС ТО РФ в условиях согласованно эволюционирующих систем использован разработанный аппарат графико-аналитического представления. На рис.11. представляется квадрант, I и IV квадраты которого отражают когнитивные параметры деятельности, а II и III - характеризуют ее продуктивные параметры. В I квадранте продуктивный характер деятельности $Y_m(t) \ni D_{mt} \ni E_m(t)$ характеризуется параметрами структур-стратегии ВЭД - временной зависимостью

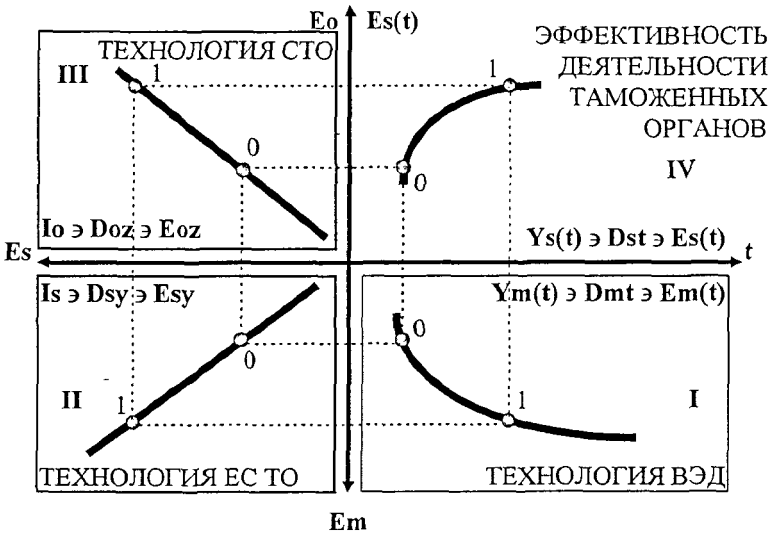


Рис.11. Визуализация интеграции идеальной структур-стратегии деятельности таможенных органов.

общей интенсивности потока участников ВЭД. II и III квадраты отображают когнитивную составляющую деятельности - технологические возможности ЕС ТО РФ ($I_s \ni D_{sy} \ni E_{sy}$) и СТО ($I_o \ni D_{oz} \ni E_{oz}$), представленные соответствующими характеристическими зависимостями: $E_{sy} = E_{sy}(E_m)$ и $E_{oz} = E_{oz}(E_s)$. В IV квадрате определены параметры технологии деятельности ЕС ТО РФ $Y_s(t) \ni D_{st} \ni E_s(t)$ в виде динамической кривой структур-стратегии деятельности: $E_s(t) = E_s[E_m(t), E_{sy}, E_{oz}, t]$.

Показано, что процесс регулирования деятельности таможенной службы заключается в поиске для ЕС ТО РФ нового качества (эффективной структур-стратегии деятельности) на основе интеграции локально эффективных технологий ЕС ТО РФ и СТО при привязке их к реальному временному интервалу и условиям деятельности. В подразделе 8.2 также определены виды регулирования деятельности ТО, сформулированы основное содержание процессов и задачи регулирования.

Проведенные в данной работе научные и экспериментальные исследования с целью анализа деятельности таможенной службы России на основе метода ЦЭ-автоматизации включают: методологическую схему аналитико-математического исследования, методику целостно-эволюционного анализа и реализующую их автоматизированную систему, компонентами которой являются электронный архив, информационная база данных, аналитическая подсистема и подсистема визуализации. ЦЭ интеграция этих методов и средств, проблемно ориентированная на проведение системотехнического исследования представлена на рис.12.

В работе также установлено, что метод ЦЭ-автоматизации эффективно использовать при решении задач оптимизации структуры ЕС ТО РФ. При этом организационная структура таможенных органов представлена как совокупность эволюционирующих вложенных систем (см. рис.13). Одновременно показано, что, с позиций разработанного метода, процесс оптимизации ЕС ТО РФ имеет иерархическую структуру вложенных процессов оптимизации:

$$G_m^n(t_k) = \{ G_{j_1}^1(t_k), G_{j_2}^2(t_k), G_{j_3}^3(t_k), G_{j_4}^4(t_k) \},$$

где $j_1 = 1$; $j_2 = \overline{1, \dots, 12}$; $j_3 = \overline{1, \dots, 154}$; $j_4 = \overline{1, \dots, 400}$ - число таможенных ор-

ганов на соответствующем уровне вложенности - А, В, С, Д.

Каждый вложенный процесс определяется соответствующим локально и глобально оптимизирующим управляющим воздействием $G_m^n(t_k)$, и осуществляется по предложенному оптимизационному алгоритму.

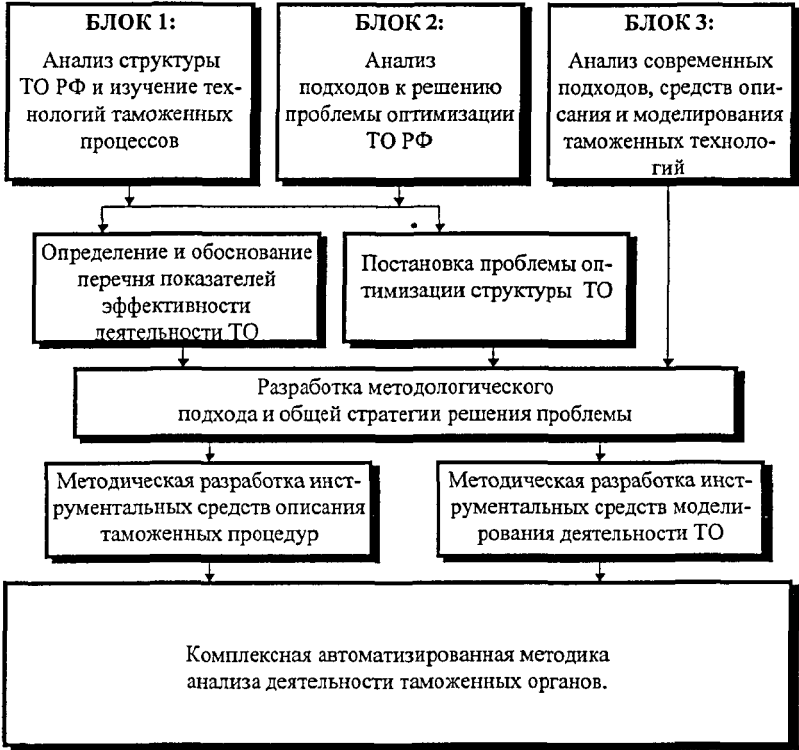


Рис. 12. Методологическая схема исследований, базирующаяся на целостно-эволюционном анализе деятельности таможенных органов.

В работе продемонстрированы возможности в автоматизированном режиме выявлять противоречия и закономерности в деятельности таможенных органов, выдвигать и проверять гипотезы относительно конкретного таможенного органа единой системы таможенных органов (ТО) России, а так-

же определять приоритетные направления модернизации таможенной службы и оптимизировать структуру таможенных органов.

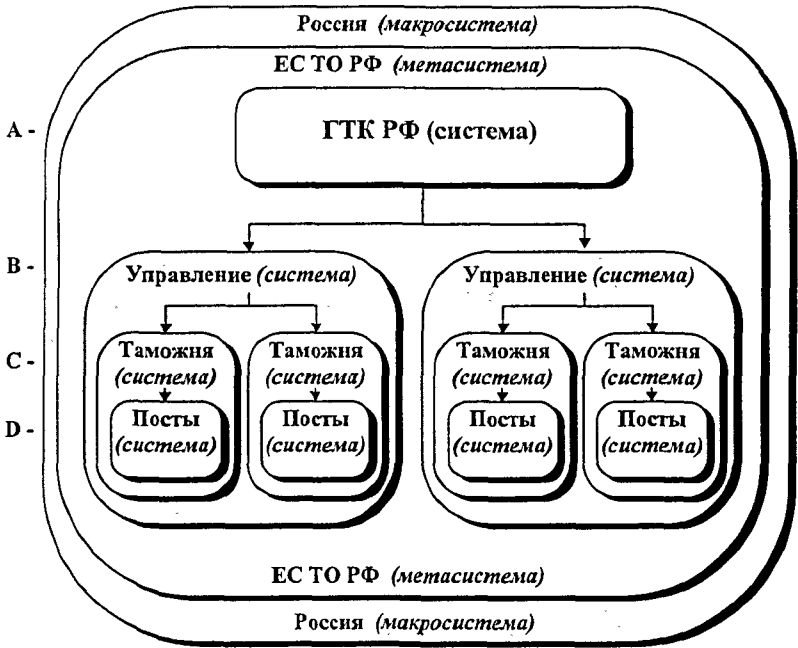


Рис.13. Организационная структура таможенных органов с позиций целостно-эволюционного представления.

Центральное место в общей проблеме повышения эффективности деятельности ТС занимает проблема модернизации ее системы управления. Результаты анализа (в подразделе 8.6) показывают, что на современном уровне развития методологии управления, информационно-управляющих технологий и инструментальных средств такая проблема наиболее эффективно решается на основе концептуальной платформы ЦЭ-автоматизации Ее основные компоненты и структурные взаимосвязи представлены на рис.14.

Реализация такой платформы в рамках единого таможенного информационного пространства позволяет осуществить ЦЭ-интеграцию функций сбора и обработки статистической информации, системного анализа и под-

готовки принятия решений, а также автоматизацию технологий таможенной деятельности, что в свою очередь создает принципиально новые условия для качественного прорыва во всех сферах деятельности таможенных органов. При этом эффективность автоматизации, в отличие от известных подходов, гарантируется взаимной вложенностью и предельной согласованностью процессов управления таможенных органов на уровне таможен, таможенных управлений и ГТК РФ.



Рис. 14. Структурно-функциональная схема автоматизации процессов управления таможенной службой России.

В подразделе 8.7 также показано, что применение средств ЦЭ-автоматизации в исследованиях с целью создания информационных и ин-

формационно-обучающих систем увеличивает адекватность создаваемых систем целям, задачам и условиям их функционирования, обеспечивает их высокую эффективность за счет ЦЭ-интеграции соответствующих методов и средств, а также существенно расширяет диапазон эффективных исследований при изменении условий эксперимента.

В разделе 9 «Заключение» приведены основные результаты, полученные в диссертации.

В Приложении приведены акты об использовании результатов диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.

1. Установлена актуальность разработки метода и средств интеллектуализации автоматизированных систем как основного направления в создании качественно новой технологической платформы автоматизации научных исследований по пути ориентации ее на сохранение целостности процесса приобретения и использования знаний.

2. Поставлена и исследована проблема интеллектуализации ИВС на различных стадиях автоматизации научного исследования и разработана теоретико-познавательная модель ЦЭ-интеллектуализации, описывающая процессы интеграции и интеллектуализации в совокупности вложенных К-каналов.

3. Поставлена и теоретически решена задача создания основ теории когнитивной динамики, описывающей динамику когнитивных процессов, интеллектуальных функций и согласование временных темпов когнитивных каналов на основе системы введенных понятий, символьных представлений и аппарата графико-аналитической визуализации.

4. На основе развитой теории когнитивной динамики целостно-эволюционной автоматизации получены методики, базовые парадигмы и

другие компоненты целостно-эволюционной когнитивно-продуктивной метатехнологии, определен ее состав и основные режимы актуализации.

5. Разработаны методические, алгоритмические и программные средства физического исследования, реализующие метатехнологию целостно-эволюционной автоматизации на всех основных этапах жизненного цикла ИВС.

6. На этапе исследовательского проектирования проведена целостно-эволюционная автоматизация интеллектуальной ИВС, включающая концептуальную схему технологии проектирования, конструктивный анализ процессов ЦЭ-интеграции и интеллектуализации, средства их эффективной реализации.

7. Разработанный метод, технология и средства целостно-эволюционной автоматизации использованы при исследовании систем и процессов таможенной службы России. Показано, что при этом увеличивается адекватность создаваемых систем целям, задачам и условиям их функционирования, обеспечивается их высокая эффективность за счет ЦЭ-интеграции соответствующих методов и средств, а также существенно расширяется диапазон эффективных исследований при изменении условий эксперимента.

8. Комплексным результатом данной диссертационной работы являются концептуально и методологически разработанные метод и метатехнология целостно-эволюционной автоматизации, которые сохраняют целостность процесса приобретения, накопления и использования знаний при эволюционной динамике характеристик ИВС и обеспечивают ее эффективное исследование в научных, проектных и экспериментальных разработках в условиях информационной неопределенности.

Результаты диссертации опубликованы в 48 научных работах. Основными из них являются:

1. Макрусов В.В. Эволюционная оптимизация структуры идеального вычислительного комплекса. Справка о депонировании В1179, МО: в/ч 11520, 1988. - 14 с.
2. Макрусов В.В. Методика оптимизации структуры ИВК специального назначения. Справка о депонировании В1178, МО: в/ч 11520, 1989. - 20 с.
3. Макрусов В.В., Белан А.М. Методика оптимизации адаптивных возможностей структур вычислительного комплекса. // Перспективы развития вычислительных систем. I Всесоюзный симпозиум, РПИ, Рига, 1989. - 3 с.
4. Макрусов В.В., Клещенко А.А., Королев А.А. Организация отказоустойчивого функционирования многопроцессорный ВСПВ. // Автоматизация создания математического обеспечения и архитектуры СРВ, ИрВЦ СО АН СССР, Иркутск, 1990. -5с.
5. Макрусов В.В., Белан А.М. Устройство для обслуживания группы запросов, авторское свидетельство № 1562913, 1990. - 24с.
6. Макрусов В.В., Белан А.М. Устройство приоритета, авторское свидетельство № 746382, 1992. - 24с.
7. Макрусов В.В. Проблемы интеллектуализации ГИВС. // Эволюционная информатика и моделирование. М.: Гос.ИФТП РАН, 1994. - 24с.
8. Макрусов В.В., Смоляков В.Н. Анализ современного уровня построения ГИВС направления их совершенствования. // Эволюционная информатика и моделирование. М.: Гос.ИФТП РАН, 1994. - 18 с.
9. Макрусов В.В. Метод моделирования эволюции системной интеллектуализации ГИВС. // М.: АЕН РФ, 1994. - С.43-47.
10. Букатова И.Л., Макрусов В.В. Интеллектуализация глобальных информационно-вычислительных систем: основы, концепция, проблемы. Препринт N7 (595). - М.: ИРЭ РАН, 1994. - 37с.
11. Букатова И.Л., Макрусов В.В. Когнитивные процессы эволюционных систем. репринт N10 (598). - М.: ИРЭ РАН, 1994. - 32с.
12. Букатова И.Л., Макрусов В.В. Когнитивная динамика: базовые понятия, основные задачи, схемы решения. - М.: ИРЭ РАН, Препринт N8 (608), 1995.- 26 с.
13. Букатова И.Л., Макрусов В.В. Когнитивно-продуктивная метатехнология: конструктивное описание. - М.: ИРЭ РАН, Препринт N11 (611), 1995. - 29 с.
14. Букатова И.Л., Макрусов В.В. Целостно-эволюционный процесс познания: основные понятия и компьютерная перспектива. // XI Международная конференция: Логиче-

ка, методология, философия науки. - Обнинск: Институт философии РАН, т.2, 1995. - С.104-108.

15. Букатова И.Л., Макрусев В.В. Целостно-эволюционная интеллектуализация взаимодействия человека с компьютером. // Социальная информатика-96. Под ред. Б.А.Сулакова. - М.: Международная Академия информатизации, 1996. - С.60-65.

16. Макрусев В.В., Рогожников Е.А. Технология целостно-эволюционного проектирования информационно-вычислительных систем. // Социальная информатика-96. Под ред. Б.А.Сулакова. - М.: Международная Академия информатизации, 1996. - С.82-88.

17. Букатова И.Л., Макрусев В.В. Интенсивная информатизация социальных систем на основе целостно-когнитивных представлений. // Анализ и оптимизация кибернетических систем. - М.: Государственный институт физико-технических проблем, 1996. - С. 12-19.

18. Макрусев В.В., Рогожников Е.А. Средства поддержки технологии целостно-эволюционного проектирования информационно-вычислительных систем. // Анализ и оптимизация кибернетических систем. - М.: Государственный институт физико-технических проблем, 1996. - С. 56-63.

19. Букатова И.Л., Макрусев В.В. Информационное обеспечение таможенных органов с позиций целостно-эволюционной концептуальной платформы. // Регулирование внешнеэкономической деятельности и эволюция таможенной политики России. - М.: ГТК РФ, РТА, 1996.- Ч.2.- С.90-94.

20. Макрусев В.В., Мишкин Д.Т., Рогожников Е.А. Имитационная эволюционная технология проектирования информационно-вычислительных систем. // Регулирование внешнеэкономической деятельности и эволюция таможенной политики России. - М.: ГТК РФ, РТА, 1996.-Ч.2.- С.109-111.

21. Макрусев В.В., Гутников О.А., Рогожников Е.А. Инструментальные средства эволюционного проектирования информационных систем. // Регулирование внешнеэкономической деятельности и эволюция таможенной политики России. - М.: ГТК РФ, РТА, 1996. - Ч.2.- С.141-144.

22. Рудаков В.Б., Макрусев В.В., Песиголовец Г.Ю. Состояние и проблемные направления исследований процесса информатизации Российской таможенной академии. // Регулирование внешнеэкономической деятельности и эволюция таможенной политики России. - М.: ГТК РФ, РТА, 1996. - Ч.2.- С.78-82.

23. Липатова Н.Г., Макрусев В.В. Технология и инструментальные средства технико-экономической оценки автоматизированной информационной системы. // Регулирование внешнеэкономической деятельности и эволюция таможенной политики России. - М.: ГТК РФ, РТА, 1996. - Ч.2. - С.106-109.

24. Липатова Н.Г., Макрусев В.В. Определение научно-технического уровня и технического совершенства автоматизированной информационной системы. // Регулирование внешнеэкономической деятельности и эволюция таможенной политики России. - М.: ГТК РФ, РТА, 1996. - Ч.2.- С.152-157.

25. Букагова И.Л., Макрусев В.В. Целостно-эволюционная интеллектуализация и проблемы социальной информатики. // Социальная информатика-97. Под ред. Б.А.Суслакова. - М.: Международная Академия информатизации, 1997. - С. 34-41.

26. Макрусев В.В. Целостно-эволюционная интеллектуализация глобальных информационно-вычислительных систем. // Новые информационные технологии в науке, образовании и бизнесе. - Украина, Гурзуф, 1996. - С.321-325.



В работе пронумеровано 46 стр.

Размножено 70 экз. на 46 стр. каждый.

Подписано к печати 02.07.97 г.

Формат 60x84 /16. Объем 1,95 усл.п.л.

Офсет РТА ГТК РФ. Зак. 639