

**На правах рукописи**

**ГАБДУЛЛИНА Эльвира Риятовна**

**АНАЛИЗ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
И НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ  
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

**Специальность 05.13.10 – Управление в социальных  
и экономических системах**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

**Уфа 2008**

Работа выполнена на кафедре технической кибернетики  
Уфимского государственного авиационного технического университета

Научный руководитель                      Заслуженный деятель науки и техники РБ и РФ,  
доктор технических наук, профессор  
**ИЛЪЯСОВ Барый Галеевич**

Официальные оппоненты                      доктор технических наук, профессор  
**ИСМАГИЛОВА Лариса Алексеевна**

кандидат технических наук  
**ОСИПОВА Ирина Валерьевна**

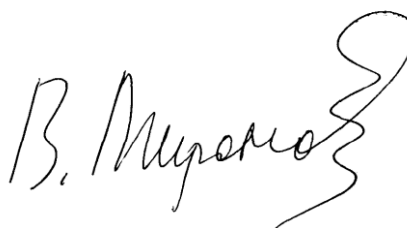
Ведущее предприятие                      Институт социально-экономических  
исследований Уфимского научного центра  
Российской академии наук

Защита диссертации состоится «29» декабря 2008 г. в 10<sup>00</sup> часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03  
при Уфимском государственном авиационном техническом университете  
по адресу: 450000, г.Уфа, ул.К.Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государст-  
венного авиационного технического университета

Автореферат разослан «25» ноября 2008 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор



**Миронов В.В.**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

Современные тенденции преобразования российской экономики, направленные на формирование новой социально-экономической системы с рыночными отношениями, вызывают необходимость исследования макроэкономических закономерностей функционирования экономики в целом. Одной из проблем, решаемых в этой области, является проблема анализа и управления воспроизводственными процессами на государственном и региональном уровнях с целью обеспечения сбалансированности обращающихся в экономике потоков благ и денег на всех этапах их движения.

Важной задачей, решаемой в рамках проблемы управления воспроизводственными процессами, является исследование динамики воспроизводства макроэкономической системы (МЭС), которое имеет большую ценность для выявления характерных тенденций макроэкономического развития. Проблема управления воспроизводственными процессами МЭС требует исследования динамики неравновесных процессов производства, распределения, обмена и потребления в рамках макроэкономического кругооборота. Изучение динамических характеристик воспроизводственных процессов открывает возможности для новых теоретических обобщений и решения целого ряда практических проблем.

О возрастании интереса к исследованию воспроизводственных процессов МЭС в последние годы свидетельствуют многочисленные публикации в научных изданиях, где обсуждаются проблемы развития МЭС с точки зрения общественного воспроизводства. Различные аспекты проблемы воспроизводства отражены в работах А.Р.Белоусова, С.Ю. Глазьева, А.Г. Грандберга, С.Губанова, В.В.Ивантера, Ф.Н.Клоцвога, А.С. Маршаловой, О.С.Пчелинцева, А.В.Сидоровича, М.Н.Узякова и др. Исследования динамических характеристик воспроизводственных процессов начались с работ Ф. Кене, К. Маркса, В.Леонтьева, в дальнейшем сосредоточились в кейнсианской и некейнсианской школах экономики и нашли отражение в трудах ученых-экономистов Е.Домара, Дж.Кейнса, Ф.Модильяни, П.Самуэльсона, Р.Солоу, Р.Стоуна, Р.Харрода, Э.Хансена, Дж.Хикса и др. В настоящее время активно ведутся работы по созданию экономико-математических моделей и программных инструментов для целого спектра задач макроэкономического анализа воспроизводственных процессов. Разработка статических моделей основывается на моделях межотраслевого баланса и общего экономического равновесия. Динамические модели разрабатываются с использованием моделей системной динамики, равновесной экономической динамики, динамического межотраслевого баланса, а также мультиагентных технологий и т.д.. Большой вклад в исследование и разработку моделей воспроизводственных процессов внесли отечественные ученые Е.А.Абрамова, Б.И.Башкатов, А.Р.Белоусов, А.Г.Грандберг, С.Губанов, Э.Б.Ершов, В.В.Ивантер, Ф.Н.Клоцвог, В.Л.Макаров, А.А.Петров, И.Г.Поспелов, С.А.Суспицын, М.Н.Узяков, Н.Б.Шугаль, а также зарубежные ученые: Дж.Форрестер, Д.Медоуз, К.Х. дос Сантос.

Анализ работ отечественных и зарубежных авторов в области управления воспроизводственными процессами показал, что область исследования динамики воспроизводственных процессов МЭС является малоизученной. В частности, недостаточное внимание уделяется вопросам исследования динамики неравновесных процессов взаимосвязанного формирования потоков доходов и расходов, накопления, потребления, сбережения, инвестиций в условиях стремления к восстановлению баланса потоков с учетом накопления финансовых запасов. Все эти обстоятельства определили цель данной работы и задачи исследования.

### **Цель и задачи исследований**

Целью данной работы является системный анализ воспроизводственных процессов макроэкономической системы на основе разработанных динамических моделей, интеллектуальных алгоритмов принятия решений и программного обеспечения для принятия управленческих решений, а также оценка эффективности предложенных алгоритмов на основе методов имитационного моделирования и нейросетевых технологий.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать концепцию исследования и системного моделирования динамики воспроизводственного процесса МЭС.
2. Разработать динамические модели воспроизводственного процесса МЭС.
3. Разработать структуру автоматизированной информационной системы управления и процедуру формирования алгоритмов принятия решений по управлению воспроизводственным процессом МЭС на основе нейросетевых технологий.
4. Разработать программное обеспечение информационно-аналитической системы имитационного моделирования воспроизводственным процессом МЭС.
5. Провести экспериментальные исследования эффективности предлагаемых интеллектуальных алгоритмов принятия решений по управлению воспроизводственным процессом МЭС при реализации различных сценариев управления.

### **Методы исследования**

При решении указанных задач использованы методы системного анализа, теории управления, теории моделирования сложных систем, экономико-математические методы, методы искусственного интеллекта, методы теории принятия решений, методы объектно-ориентированного анализа и моделирования.

### **Результаты, выносимые на защиту**

1. Концепция исследования и системного моделирования воспроизводственных процессов МЭС на неравновесных режимах.
2. Динамические модели воспроизводственного процесса МЭС, включающие в себя динамические модели функционирования: реального сектора, сектора домашних хозяйств, сектора финансовых учреждений, сектора государ-

ственных учреждений; а также динамическую модель формирования во времени совокупных расходов и макроэкономических показателей.

3. Структура автоматизированной информационной системы управления и процедура поддержки принятия решений по управлению воспроизводственным процессом МЭС, а также интеллектуальные алгоритмы принятия решений.

4. Программное обеспечение информационно-аналитической системы имитационного моделирования воспроизводственного процесса МЭС.

5. Результаты экспериментальных исследований эффективности интеллектуальных алгоритмов принятия решений по управлению воспроизводственным процессом МЭС.

### **Научная новизна результатов**

1. Новизна предложенной концепции исследования и системного моделирования динамики неравновесного воспроизводственного процесса МЭС состоит в разработке концептуальной модели на основе интеграции системного, динамического, когнитивного и сценарного подходов, что позволяет моделировать неравновесные режимы протекания воспроизводственных процессов МЭС, а также исследовать особенности установления динамического равновесия на основе анализа взаимосвязанного влияния во времени друг на друга темпов финансовых потоков, объемов ограниченных запасов и времени принятия решений по корректировке темпов формирования финансовых ресурсов.

2. Новизна предложенных динамических моделей воспроизводственного процесса МЭС состоит в описании динамики неравновесных процессов производства, распределения, потребления, сбережения, накопления и инвестирования, выполняемых секторами МЭС и образующих в целом макроэкономический кругооборот финансовых потоков, которые моделируются с помощью дискретно-непрерывных нелинейных моделей с логическими элементами, функционирующих как в автоматическом, так и в автоматизированном режимах.

3. Новизна структуры автоматизированной информационной системы управления состоит в том, что в нее включен блок интеллектуальных алгоритмов поддержки принятия решений, которые обеспечивают гибкость управления в условиях неопределенности. Новизна процедуры формирования алгоритмов принятия решений по управлению воспроизводственным процессом МЭС заключается, во-первых, в проведении многопараметрического анализа классов динамически неравновесных и равновесных ситуаций на основе нейронных сетей Кохонена, и, во-вторых, в формировании сценариев неуправляемого и управляемого поведения МЭС в виде цепочек переходов во времени между кластерами неравновесных и равновесных ситуаций с использованием самоорганизующихся карт.

### **Практическая ценность и внедрение результатов**

Практическую ценность диссертационного исследования составляет программное обеспечение информационно-аналитической системы имитационного моделирования, которое реализует предложенные концепцию, модели и интеллектуальные алгоритмы управления, а также позволяет обеспечить визуальную,

информационную и интеллектуальную поддержку при моделировании различных сценариев управления воспроизводственным процессом МЭС и анализе результатов применения сформированных алгоритмов управления.

Практическую ценность составляют результаты экспериментальных исследований, которые показали корректность и правильность предложенной концепции исследования и эффективность интеллектуальных алгоритмов управления воспроизводственным процессом МЭС, позволяющих выбирать наиболее благоприятные сценарии управления.

Получено свидетельство №2008613683 об официальной регистрации программы для ЭВМ «Автоматизированная система имитационного моделирования процессов макроэкономического кругооборота финансовых потоков», которое было зарегистрировано РосАПО в Реестре программ для ЭВМ 31.07.2008.

В учебный процесс Уфимского государственного авиационного технического университета (УГАТУ) внедрены математическое, алгоритмическое и программное обеспечение системы имитационного моделирования, а также методика его использования для решения задач исследования динамики воспроизводственных процессов макроэкономической системы.

### **Апробация работы и публикации**

Основные научные результаты и выводы, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались на: всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономической теории: развитие и применение в практике российских преобразований» (г. Уфа, УГАТУ, 2006 г.), шестой российской научно-методической конференции с международным участием «Управление экономикой: методы, модели, технологии» (г. Уфа, УГАТУ, 2006 г.), пятой всероссийской научно-технической конференции «Мехатроника, автоматизация, управление» (г. Санкт-Петербург, 2008 г.), X, XI, XII международных научно-технических конференциях «Системный анализ и проектирование в управлении» (г. Санкт-Петербург, СПбГТУ, 2006, 2007, 2008 гг.), VIII, X международных конференциях «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, 2006, 2008 гг.).

Основные положения и результаты исследования по теме диссертации опубликованы и непосредственно отражены в 11 работах, в том числе 1 – в издании, входящем в список ВАК.

### **Структура и объем работы**

Диссертационная работа изложена на 151 страницах и включает в себя введение, четыре главы основного материала, заключение, библиографический список включает 128 наименований.

### **Благодарности**

Автор выражает глубокую благодарность зав.каф. экономической теории, профессору, д-ру экон. наук И.В.Дегтяревой за высококвалифицированные консультации в области макроэкономического анализа и моделирования и доценту кафедры технической кибернетики, канд. техн. наук Е.А.Макаровой за исчерпывающие объяснения и консультации в области системного анализа и проблем управления экономическими системами.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, определены новизна и практическая ценность выносимых на защиту результатов.

### **Глава 1. Анализ проблемы управления воспроизводственными процессами макроэкономической системы**

**В первой главе** рассмотрена актуальная проблема повышения эффективности управления воспроизводственными процессами макроэкономической системы (МЭС), которая обладает ограниченными ресурсами и функционирует в условиях неопределенности и риска.

Отмечено, что воспроизводственные процессы как процессы общественного производства товаров и услуг соединяют в себе процессы производства, распределения, обмена, потребления и накопления, которые образуют макроэкономический кругооборот. Движение материальных и финансовых ресурсов в рамках кругооборота осуществляется между основными макроэкономическими агентами (МЭА): предприятиями, домашними хозяйствами, государственными учреждениями, финансово-кредитными организациями. Обоснована необходимость анализа движения финансовых ресурсов в макроэкономической системе и тенденций изменения воспроизводственных пропорций, определяющих направление развития МЭС.

Показано, что важной особенностью воспроизводственного процесса является динамический характер всех его составляющих. Динамика макроэкономического кругооборота описывается с помощью взаимосвязанного изменения во времени показателей потоков и запасов. В качестве показателей потоков рассматриваются темпы (скорости) движения потоков, показателями запасов являются объемы накопленных финансовых ресурсов.

Проведен анализ существующих экономико-математических моделей и программных инструментариев, предназначенных для исследования различных аспектов воспроизводственных процессов МЭС. Результаты анализа позволили делать вывод о необходимости исследования динамики неравновесных процессов формирования потоков доходов и расходов МЭА, возникающих при нарушении баланса потоков. Определен круг научных и практических задач, решение которых обеспечит эффективность управления воспроизводственным процессом макроэкономических систем за счет применения динамических (дискретно-непрерывных нелинейных) моделей и интеллектуальных алгоритмов поддержки решений по управлению.

### **Глава 2. Разработка динамических моделей воспроизводственного процесса макроэкономической системы**

**Во второй главе** разработана концепция исследования и системного моделирования воспроизводственного процесса МЭС, основанная на интеграции системного, динамического, когнитивного и сценарного подходов.

Применение системного подхода позволяет последовательно выполнить различные способы декомпозиции МЭС: сначала путем выделения концептов в

виде макроэкономических агентов и построения когнитивной модели МЭС с замкнутыми по финансовым потокам контурами; затем путем выделения функциональных процессов, выполняемых секторами МЭС, и построения функциональной схемы динамической модели МЭС. Особенности применения динамического подхода заключаются, во-первых, в исследовании динамически неравновесных режимов протекания воспроизводственных процессов МЭС в условиях предположения о существовании динамически равновесного состояния; и, во-вторых, в проведении анализа динамики с помощью взаимосвязанного изменения во времени трех системных факторов: темпов финансовых потоков, объемов их ограниченных запасов и управлений в виде корректировки темпов расхода финансовых ресурсов и выбора моментов времени принятия решений по корректировке темпов финансовых потоков. Применение когнитивного и сценарного подходов позволяет выявить различные сценарии развития неравновесных ситуаций в функционировании МЭС и закономерности восстановления и поддержания равновесия при различных вариантах управления воспроизводственным процессом МЭС.

Разработана когнитивная модель воспроизводственного процесса МЭС (рисунок 1). При построении модели в качестве концептов выделены следующие четыре макроэкономических агента: фирмы; домашние хозяйства; финансовые учреждения; государство. Отметим, что дополнительное введение агента «финансовые учреждения» имеет целью выявление контура преобразования сбережений в инвестиции, который оказывается важным при исследовании динамики производства ВВП. Особенность когнитивной модели заключается в описании макроэкономического кругооборота финансовых потоков, охватывающего все стадии воспроизводственного процесса, в виде трех замкнутых контуров: основного, системообразующего контура «производство–потребление» и двух корректирующих контуров «сбережения–инвестиции» и «налоги–госзакупки», формирующих утечки и инъекции относительно основного контура. Сформулированы условия обеспечения динамически равновесного режима функционирования МЭС в виде тождеств темпов притоков и оттоков финансовых ресурсов для каждого агента. Из этих балансов вытекают известные макроэкономические тождества: инвестиций и сбережений, утечек и инъекций, а также тождество совокупных расходов и доходов в виде равенства темпов формирования валового внутреннего продукта (ВВП), рассчитанного по расходам, и ВВП, рассчитанного по доходам.

На основе когнитивной модели строится функциональная схема (ФС) модели воспроизводственного процесса МЭС. Для этого согласно предложенной концепции производится уточнение элементного состава модели и множества функциональных процессов в соответствии с принятыми в системе национальных счетов (СНС) и интегрированных матрицах финансовых потоков (матрицах SAM) группировками экономики по секторам. На ФС следующие пять моделей: модель А1 функционирования реального сектора; модель А2 функционирования сектора домашних хозяйств; модель А3 функционирования сектора финансовых учреждений; модель А4 функционирования сектора государственных учреждений; модель А5 формирования совокупных расходов и макроэко-



номических показателей. Произведено распределение всех функциональных процессов воспроизводственного цикла между секторами МЭС с выделением для каждого сектора основного функционального назначения.

Разработана обобщенная модель функционирования отдельно взятого сектора МЭС, согласно которой деятельность каждого сектора предполагает: получение доходов от других секторов МЭС; выполнение в соответствии со своими целями (планами) некоторых функциональных процессов, требующих формирования расходов; накопление запасов и их использование в условиях разнотемповости потоков расходов и доходов на динамически неравновесных режимах; корректировку планов по расходу ресурсов на основе информации об объеме запаса, а также о состоянии других секторов и всей МЭС в целом.

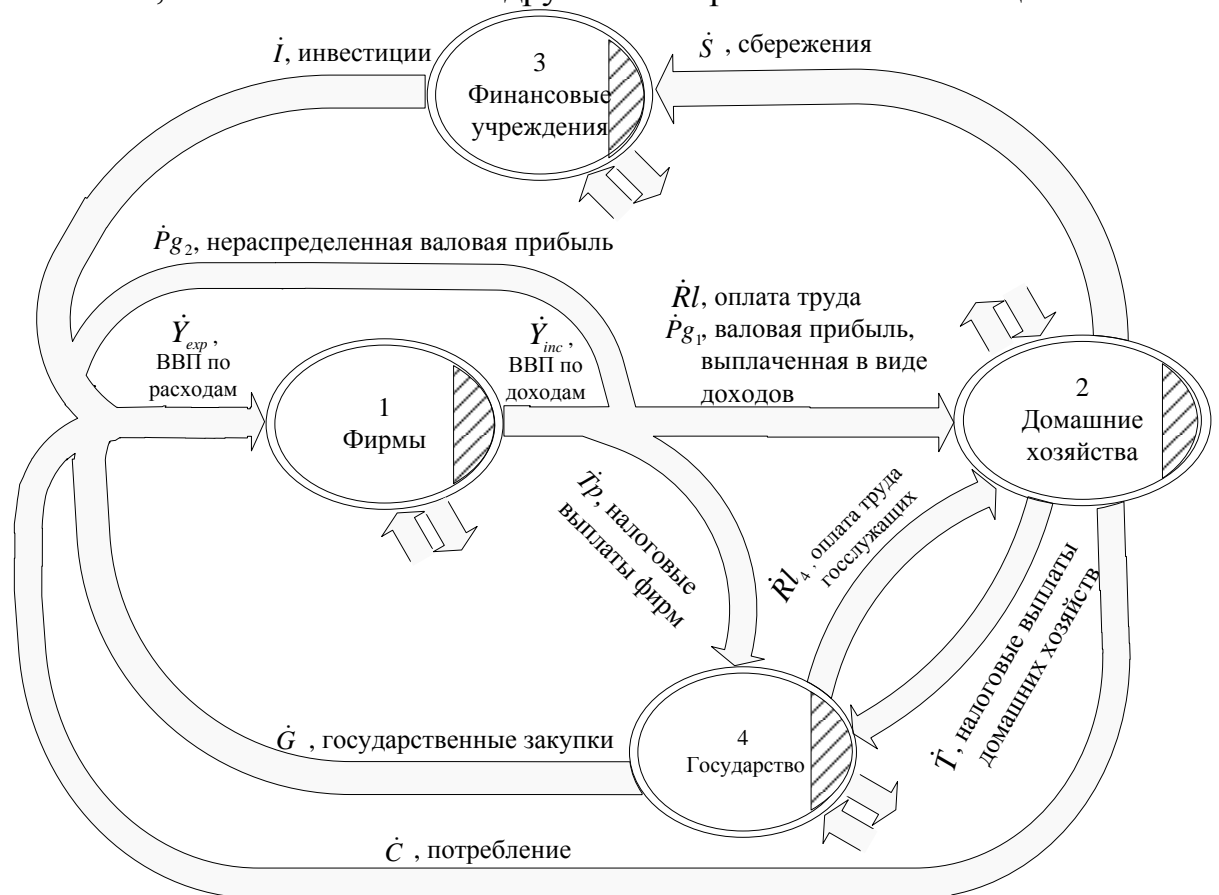


Рисунок 1 – Когнитивная модель кругооборота финансовых потоков макроэкономической системы

Определен перечень процессов, которые в общем случае выполняет сектор МЭС, в который включены процессы производства, распределения ВВП, потребления, сбережения, накопления, инвестирования и передачи трансфертов. Сформулированы системные принципы построения динамических моделей функционирования секторов МЭС.

Модель А1 функционирования реального сектора отражает динамику процессов установления равновесия между потоками доходов и расходов сектора с учетом запасов при реализации им процессов производства и распределения ВВП как основных процессов, а также процессов сбережения, инвестирования и передачи трансфертов с учетом накопленных запасов. Отличиями модели яв-

ляются получение в качестве дохода инвестиций от сектора финансовых учреждений, а также отсутствие процессов потребления.

Разработан алгоритм корректировки плановых темпов расхода ресурсов на основе информации об ограниченной сумме накопленных запасов. Алгоритм представлен нелинейной функцией, которая реализована программно на языке *Matlab* в виде специального блока и встроена в динамическую модель. Особенности алгоритма являются, во-первых, работа его на каждом шаге моделирования с текущими значениями анализируемых переменных; и, во-вторых, поддержание не только автоматического, но и автоматизированного режима работы. Алгоритм является универсальным и применяется в моделях функционирования всех секторов. Реализация автоматического режима корректировки планов в случае недостаточного количества запасов позволяет обеспечить гибкую реакцию МЭС при возникновении неравновесных режимов.

Модель А2 функционирования сектора домашних хозяйств описывает особенности поведения домохозяйств при формировании ими потоков потребления и сбережения с учетом запасов на множестве неравновесных состояний и позволяет выявить причины нарушения динамически равновесных режимов функционирования МЭС. Особенность модели заключается в описании динамики процессов потребления и сбережения на основе кейнсианской концепции потребительского поведения. Моделирование поведенческих функций осуществляется на основе информации о валовом располагаемом доходе населения, который определяется значением суммарного темпа формирования заработной платы, поступающей от других секторов МЭС. При моделировании учтены коэффициенты предельных склонностей к потреблению и сбережению, что позволяет воспроизвести во времени и исследовать мультипликативные эффекты.

Модель А3 функционирования сектора финансовых учреждений описывает динамику формирования инвестиционных потоков на основе накопленных объемов запасов из сбережений всех секторов МЭС, а также влияние изменений инвестиционных потоков на траекторию движения МЭС на множестве неравновесных состояний. Особенностью модели является описание динамики процесса инвестирования с помощью, во-первых, выделения в инвестиционном потоке доли, не зависящей от темпа выпуска ВВП, в виде автономных инвестиций, и доли, изменяющейся в зависимости от колебаний ВВП, в виде индуцированных инвестиций; и, во-вторых, учета как инерционных свойств формирования инвестиционного потока, так и инвестиционного лага.

Модель А4 функционирования государственных учреждений описывает процессы реализации сектором во времени планов по формированию бюджета и внебюджетных фондов на основе налоговых и неналоговых поступлений, а также процессы использования накопленных финансовых ресурсов при их перераспределении между секторами МЭС с учетом запасов. Особенность моделирования функциональных процессов для сектора государственных учреждений состоит в том, что этот сектор является уникальным, поскольку его поведение которой нельзя описать функциональными зависимостями. Поэтому для описания поведения сектора в виде правил принятия решений необходимо использовать сценарный подход, который реализуется при разработке верхнего уровня системы управления МЭС.

Модель А5 формирования совокупных расходов и макроэкономических показателей позволяет обеспечить кругооборот финансовых потоков путем замыкания воспроизводственного цикла по финансовым потокам. Особенность модели состоит в преобразовании совокупных расходов МЭС в доходы секторов, которое отражает движение финансовых средств от потребителей к производителям в результате обмена. Модель позволяет осуществлять контроль наступления моментов перехода МЭС на динамически неравновесные режимы функционирования путем расчета рассогласования между совокупными доходами и совокупными расходами.

### **Глава 3. Разработка интеллектуальных алгоритмов принятия решений по управлению воспроизводственным процессом МЭС**

**В третьей главе** определены особенности управления воспроизводственным процессом МЭС как сложным динамическим объектом; выполнено описание воспроизводственного процесса как сложного динамического объекта управления (ДОУ). Показано, что целью управления процессом функционирования МЭС является обеспечение плановых темпов выпуска ВВП всеми секторами при условии соблюдения требуемых воспроизводственных пропорций.

На основе выделенных особенностей управления воспроизводственным процессом МЭС сформированы множества управляющих, управляемых координат и внешних воздействий. Вектора управлений первых трех секторов связаны только с изменением собственных плановых темпов расхода ресурсов при реализации ими функциональных процессов, а вектор управления для сектора государственных учреждений дополнительно включает управляющие воздействия по корректировке планов функционирования других секторов МЭС. В работе рассматриваются общие пропорции воспроизводства, которые определяются соотношением долей потребления, накопления и госрасходов в темпе выпуска ВВП, рассчитанного по расходам. Исследуются два типа количественных соотношений: потребительски-ориентированный (большая доля потребления в темпе выпуска ВВП – до 60–70%) и инвестиционно-ориентированный (значительная доля инвестиций в темпе выпуска ВВП – до 40%).

Разработана функциональная схема модели автоматизированной информационной системы (АИС) управления воспроизводственным процессом МЭС (рисунок 2). Структура системы управления является двухуровневой. Нижний уровень управления соответствует управлению отдельно взятыми подсистемами МЭС – секторами и включает четыре контура управления секторами: нефинансовых организаций, домохозяйств, финансовых и государственных учреждений. Каждый контур управления построен с использованием принципа обратной связи на основе информации о накопленных секторами объемов ограниченных запасов и предназначен для формирования вектора  $U_{Ri}$  в виде корректировки плановых темпов расхода ресурсов секторами в соответствии с их функциональным назначением. Алгоритмы управления нижнего уровня работают в автоматическом режиме и обеспечивают корректировку плановых темпов расхода ресурсов секторов в пределах ранее рассчитанного плана. В схему управления включена модель расчета плановых темпов выпуска ВВП для всей

МЭС в целом, основанная на модели Хикса–Хансена *IS-LM* и реализованная программно на языке *Matlab*.

Верхний уровень управления построен на основе принципа ситуационного управления с использованием интеллектуальных технологий и включает блок анализа текущих ситуаций в динамике и блок принятия решений. Блок анализа ситуаций выполняет функции: анализа динамически равновесных и неравновесных макроэкономических ситуаций путем решения задачи кластеризации с помощью нейронных сетей Кохонена как для динамически неравновесных ситуаций, так и для динамически равновесных ситуаций; построения сценариев развития динамически неравновесных ситуаций во времени с учетом нового динамически равновесного состояния; формирования правил классификации динамически неравновесных и равновесных ситуаций. Блок принятия решений предназначен для формирования нечетких правил принятия решений и формирования управляющих воздействий  $U$ , направленных на достижение цели управления. Функции верхнего уровня управления выполняются органами государственного управления.

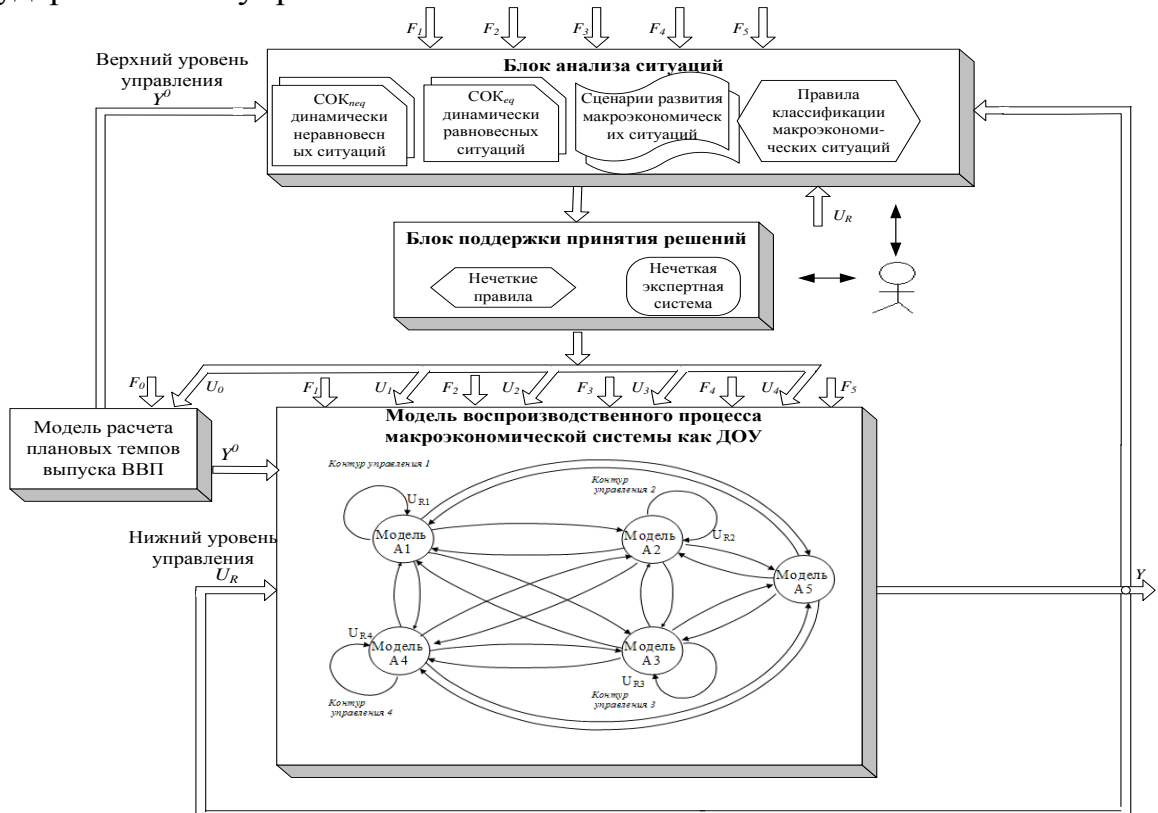


Рисунок 2 – Функциональная схема модели автоматизированной системы управления производственным процессом МЭС

Разработана схема процедуры формирования алгоритмов принятия решения для верхнего уровня управления МЭС, которая включает в себя следующие шаги.

На шаге 1 на основе описания воспроизводственного процесса МЭС как ДОУ составляется план проведения экспериментов.

На шаге 2 определяется множество моментов времени  $T = \{t_{j1}\}, j_1 = 1 \div l$ , в которые должна производиться запись значений векторов возмущающих  $F(t)$ , управляю-

щих  $U(t)$  и управляемых координат  $Y(t)$  из рабочей области среды *Matlab*. Из элементов перечисленных векторов предварительно формируется множество  $X = \{x_{j_2}\}$ ,  $j_2 = 1 \div m$  признаков, которые должны участвовать в нейросетевом анализе.

На шаге 3 выполняются  $n$  экспериментов, в каждом из которых определены  $l$  моментов времени для записи информации о состоянии МЭС как ДОУ. В результате проведения всех  $n$  экспериментов в базу экспериментальных данных заносятся  $(n \cdot l)$  записей. Среди них находятся как динамически равновесные, так и динамически неравновесные ситуации.

Следующие шаги 4 и 5, выполняемые многократно в цикле, предназначены для формирования множеств  $X_{neq}$  динамически неравновесных ситуаций и  $X_{eq}$  динамически равновесных ситуаций. Фильтрация производится по условию превышения рассогласования  $\varepsilon_{y_i}(t)$  между темпами совокупных доходов и расходов некоторого заданного предела  $\varepsilon_{y_i}^0(t)$  для каждой  $i$ -й записи.

Шаг 6 предназначен для построения самоорганизующихся карт (СОК) для динамически неравновесных ситуаций  $СОК_{neq}$  и динамически равновесных ситуаций  $СОК_{eq}$ , а также для проведения их анализа. Вначале производится обучение НС Кохонена и построение  $СОК_{neq}$  для динамически неравновесных ситуаций, а затем  $СОК_{eq}$  для динамически равновесных ситуаций. Выполняется визуализация построенного отображения; осуществляются многопараметрический анализ построенных кластеров и формирование правил классификации ситуаций. Далее формируется множество возможных переходов от одного динамически равновесного состояния к другому динамически равновесному состоянию. При этом анализируются типы воспроизводственных пропорций и возможные переходы от одного типа к другому с учетом темпа выпуска ВВП. На основе построенных переходов между динамически равновесными ситуациями формируются переходы из одной равновесной ситуации в другую через одну или несколько динамически неравновесных ситуаций. Затем разрабатываются типовые сценарии неуправляемого поведения МЭС в виде цепочек переходов от более благоприятных динамически равновесных ситуаций к неблагоприятным через динамически неравновесные ситуации с указанием информации о причинах ухудшения состояния МЭС. Далее формируются сценарии управляемых процессов функционирования МЭС в виде цепочек переходов между динамически равновесными и неравновесными ситуациями, соответствующие улучшению ситуации в результате применения правил принятия решений, сформированных на основе информации о причинах возникновения неблагоприятных ситуаций.

В работе построены самоорганизующиеся карты для анализа классов динамически неравновесных и равновесных ситуаций; сформулированы правила классификации и принятия решений для динамически неравновесных и равновесных ситуаций с учетом типов воспроизводственных пропорций. На самоорганизующихся картах построены траектории движения МЭС из состояния с одним типом воспроизводственных пропорций в состояние с другим их типом. Приведены примеры сценариев неуправляемого и управляемого поведения

МЭС, в которых переход из одного равновесного состояния к другому осуществляется через одну или несколько динамически неравновесных ситуаций с указанием возмущающих и управляющих воздействий.

#### **Глава 4. Системные исследования эффективности управления воспроизводственным процессом МЭС**

**В четвертой главе** разрабатывается программное обеспечение информационно-аналитической системы имитационного моделирования (ИАСИМ), которая предназначена для обеспечения аналитической поддержки для специалистов в области макроэкономических исследований в виде прогнозного моделирования макроэкономических процессов, определения закономерностей развития во времени макроэкономических ситуаций, а также выявления причинно-следственных зависимостей в функционировании секторов МЭС во времени. В структуре ИАСИМ выделены три компонента: имитационного моделирования, информационно-аналитический и интеллектуальный компоненты.

Компонент имитационного моделирования ИАСИМ включает динамические модели воспроизводственных процессов, реализованные с помощью библиотек приложения *Simulink* среды *Matlab*, и программный модуль задания исходных данных и запуска имитационного моделирования, реализованные на языке *MATLAB*.

Информационно-аналитический компонент включает программные модули визуальной и информационной аналитической поддержки, а также модуль статического расчета для определения начальных значений темпов финансовых потоков для всех секторов МЭС. Определение равновесного состояния осуществляется на основе расчета параметров состояния общего экономического равновесия МЭС, которое достигается при совместном равновесии на отдельных рынках: благ, труда, денег (на основе модели *IS-LM*). Интеллектуальный компонент ИАСИМ предполагает применение нейросетевых технологий анализа экспериментальных данных и построение самоорганизующихся карт с помощью программы *Somap Analyzer* аналитической платформы *Deductor Studio*.

Разработаны объектно-ориентированные модели работы с ИАСИМ воспроизводственных процессов МЭС на основе имитационных экспериментов с использованием программного продукта *Rational Rose*; разработано программное обеспечение ИАСИМ макроэкономического кругооборота финансовых потоков, охватывающих все стадии воспроизводственного процесса МЭС.

Проведены экспериментальные исследования с целью изучения динамических характеристик воспроизводственных процессов МЭС при различных возмущающих и управляющих воздействиях по различным сценариям. Результаты экспериментальных исследований эффективности управления воспроизводственным процессом МЭС показали, что принимаемые решения позволяют обеспечить переход от неблагоприятных, динамически неравновесных ситуаций к благоприятным, динамически равновесным ситуациям с возможным изменением воспроизводственных пропорций, соответствующим прежнему или новому уровню темпа выпуска ВВП. Показано, что, во-первых, эффективность управления воспроизводственными процессами МЭС зависит не только от на-

правления корректировок управляющих координат и их значений, но и от времени принятия решений и их последовательности; во-вторых, эффективность управления определяется объемом накопленных запасов секторов, а также своевременностью перераспределения финансовых потоков между секторами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В ходе диссертационного исследования были сделаны следующие выводы и получены следующие результаты:

1. Предложена концепция исследования и системного моделирования воспроизводственного процесса МЭС, основанная на интеграции системного, динамического, когнитивного и сценарного подходов. Применение системного подхода позволяет последовательно выполнить различные способы декомпозиции МЭС: сначала путем выделения концептов в виде макроэкономических агентов и построения когнитивной модели МЭС с замкнутыми по финансовым потокам контурами; затем путем выделения функциональных процессов, выполняемых секторами МЭС, и построения функциональной схемы динамической модели МЭС. Применение динамического подхода заключается, во-первых, в исследовании динамически неравновесных режимов протекания воспроизводственных процессов МЭС в условиях предположения о существовании динамически равновесного состояния; и, во-вторых, в проведении анализа динамики с помощью взаимосвязанного изменения во времени трех системных факторов: темпов финансовых потоков, объемов их ограниченных запасов и управлений в виде корректировки темпов расхода финансовых ресурсов и выбора моментов времени принятия решений по корректировке темпов финансовых потоков. Применение когнитивного и сценарного подходов позволяет выявить различные сценарии развития неравновесных ситуаций функционирования МЭС и закономерности восстановления и поддержания равновесия при различных вариантах управления воспроизводственным процессом МЭС.

2. Разработаны динамические модели воспроизводственного процесса МЭС, включающие в себя динамические модели функционирования: реального сектора, сектора домашних хозяйств, сектора финансовых учреждений, сектора государственных учреждений; а также динамическую модель формирования во времени совокупных расходов и макроэкономических показателей.

Предлагаемые динамические модели воспроизводственного процесса МЭС, реализованные в классе непрерывных нелинейных моделей с логическими элементами, позволяют отразить динамику процессов производства, распределения, обмена и потребления потоков денежных ресурсов. Динамическая модель функционирования реального сектора МЭС позволяет отразить динамику неравновесных процессов формирования потоков доходов и расходов сектора с учетом запасов при реализации им процессов производства и распределения ВВП, а также процессов сбережения, инвестирования и передачи трансфертов с учетом накопленных запасов. Динамическая модель функционирования сектора домашних хозяйств позволяет исследовать влияние динамики поведения домохозяйств при формировании ими потоков потребления и сбережения с учетом запасов. Динамическая модель функционирования сектора финансовых уч-

реждений позволяет описать динамику формирования инвестиционных потоков на основе накопленных объемов запасов из сбережений всех секторов МЭС, а также влияние изменений инвестиционных потоков на траекторию движения МЭС на множестве неравновесных состояний. Динамическая модель функционирования сектора государственных учреждений позволяет описать неравновесные процессы формирования бюджета и внебюджетных фондов, а также использования накопленных финансовых ресурсов для целей перераспределения между секторами МЭС с учетом запасов. Разработанная динамическая модель формирования совокупных расходов и макроэкономических показателей позволяет осуществить замыкание воспроизводственного цикла по потокам путем преобразования совокупных расходов в доходы отдельных секторов, используемых для производства на следующем цикле воспроизводственного процесса; выполнить контроль наступления моментов нарушения макроэкономических тождеств и перехода МЭС на динамически неравновесные режимы функционирования, а также рассчитать показатели функционирования МЭС в динамике.

3. Предложена структура автоматизированной информационной системы управления воспроизводственным процессом МЭС, включающая два уровня управления. Нижний уровень управления соответствует управлению отдельно взятыми подсистемами МЭС и включает четыре контура управления: сектором нефинансовых организаций; сектором домохозяйств и секторами финансовых и государственных учреждений. Верхний уровень управления построен на основе принципа ситуационного управления и базируется на применении интеллектуальных технологий для решения задач многопараметрического анализа динамически равновесных и неравновесных ситуаций и формирования правил классификации ситуации и принятия решений.

Разработана процедура поддержки принятия решений по управлению воспроизводственным процессом МЭС, построены самоорганизующиеся карты Кохонена для динамически равновесных и динамически неравновесных ситуаций; проведен многопараметрический анализ построенных кластеров; сформулированы правила классификации ситуаций; определены типовые переходы на множестве динамически равновесных и неравновесных ситуаций с учетом воспроизводственных пропорций; сформированы сценарии неуправляемого и управляемого поведения МЭС в виде цепочек переходов между динамически равновесными ситуациями через одну или несколько динамически неравновесных ситуаций с указанием возмущающих и управляющих воздействий.

4. Разработано программное обеспечение информационно-аналитической системы имитационного моделирования (ИАСИМ) воспроизводственного процесса МЭС, которое реализует предложенные концепцию, модели и интеллектуальные алгоритмы управления, а также позволяет обеспечить визуальную, информационную и интеллектуальную поддержку при моделировании различных сценариев управления воспроизводственным процессом МЭС и анализе результатов применения разработанных алгоритмов управления.

5. Проведены экспериментальные исследования эффективности предлагаемых интеллектуальных алгоритмов поддержки принятия решений по управлению воспроизводственным процессом МЭС по различным сценариям в соот-



ветствии с предложенной методикой проведения системных исследований на основе разработанных моделей и алгоритмов управления. Результаты экспериментальных исследований эффективности управления воспроизводственным процессом МЭС показали, что принимаемые решения позволяют обеспечить переход от неблагоприятных, динамически неравновесных, ситуаций к благоприятным, динамически равновесным, ситуациям с возможным изменением воспроизводственных пропорций, соответствующим прежнему или новому уровню темпа выпуска ВВП, при этом обеспечивается увеличение темпа выпуска ВВП в 1,08–1,12 раза.

Исследованные пессимистические сценарии продемонстрировали возможность эффективного управления воспроизводственным процессом МЭС за счет принятия мер по перераспределению потоков доходов и расходов между секторами МЭС в виде корректировок пропорций распределения, а также темпов потребления, сбережения, инвестирования с учетом накопленных запасов. Кроме того, показано, что своевременность и правильно выбранная последовательность принимаемых решений во времени позволяет обеспечить более высоких темпов выпуска ВВП для всей макроэкономической системы в целом.

Разработанные модели, алгоритмы и ПО ИАСИМ воспроизводственных процессов МЭС могут быть использованы: в качестве аналитического инструментария при исследовании макроэкономических проблем, возникающих при управлении макроэкономической системой; в качестве обучающей системы для подготовки специалистов в области макроэкономического анализа и прогнозирования; а также в качестве исследовательской системы, позволяющей решать задачи анализа, синтеза, исследования динамики поведения макроэкономических систем как сложных социально-экономических систем.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ**

### *В рецензируемом журнале из списка ВАК*

1. Моделирование неравновесных воспроизводственных процессов макроэкономической системы / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Вестник УГАТУ: Науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. Серия «Управление, вычислительная техника и информатика», 2008. Т.11, №1(27). С.74–82.

### *В других изданиях*

2. Динамическое моделирование поведения многоотраслевой экономической системы / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Системный анализ и проектирование в управлении: труды X междунар. науч.-техн. конф.: СПб. : СПбГТУ, 2006. С. 116–221.

3. Моделирование динамики многоотраслевых экономических систем / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: труды X Междунар. конф. : – Самара : Самарск. НЦ РАН, 2006. С. 158–164.

4. Исследование свойств макроэкономических систем методом моделирования / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Актуальные вопросы экономической теории: развитие и применение в практике российских преобразований: материалы всерос. науч.-практ. конф. – Уфа : УГАТУ, 2006. С. 209–212.

5. Разработка динамической модели многоотраслевой экономической системы / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Управление экономикой: методы, модели, технологии: труды VI рос.науч.-метод. конф. с междунар.участием : Уфа : УГАТУ, 2006. С. 208–212.

6. Моделирование динамики воспроизводственного процесса региональных экономических систем / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Системный анализ и проектирование в управлении: труды XI межд. науч.-техн. конф. : СПб. : СПбГТУ, 2007. С. 145–150.

7. Исследование воспроизводственных процессов региональных экономических систем / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Компьютерные науки и информационные технологии: труды 7-й межд. конференции: Уфа, 2007. Т. IV. С. 132–137 (статья на англ. яз).

8. Концепция системного моделирования процессов кругооборота денежных потоков / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: труды X Межд. конф. : Самара : Самарск. НЦ РАН, 2008. С. 153–160.

9. Моделирование динамики потребления и сбережения в системе кругооборота денежных потоков с учетом запасов / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Системный анализ и проектирование в управлении: труды XII межд.науч.-техн.конф. : СПб.: СПбГТУ, 2008. С. 145–150.

10. Моделирование динамики кругооборота денежных потоков / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Компьютерные науки и информационные технологии: труды 8-й межд.конф. : Уфа, 2008. С. 69–73 (статья на англ. яз).

11. Управление воспроизводственным процессом макроэкономической системы на динамически неравновесных режимах / Б.Г.Ильясов, И.В.Дегтярева, Е.А.Макарова, Э.Р.Габдуллина // Мехатроника, автоматизация, управление: материалы V всерос. науч.-техн. конф. – СПб. : ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2008. Т. 1. С. 215–218.

Диссертант

Габдуллина Э.Р.

ГАБДУЛЛИНА Эльвира Риятовна

АНАЛИЗ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
И НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ  
УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Специальность 05.13.01 – Управление в социальных  
и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано к печати 24.11.2008. Формат 60×84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Cyr.  
Усл. печ. л. 1, 0. Усл. кр.-отг. 1,0. Уч.–изд. л.0,9.  
Тираж 100 экз. Заказ № 560.

ГОУВПО Уфимский государственный авиационный технический университет  
Центр оперативной полиграфии  
450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса, 12

