

На правах рукописи

ЦЫБАТОВ Владимир Андреевич

МОДЕЛИ И СИСТЕМЫ  
АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА  
В РЕГИОНЕ

Специальность: 08.00.13 - Математические и инструментальные методы  
экономики

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
доктора экономических наук

Самара - 2006

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный экономический университет».

Научный консультант: доктор экон. наук, проф. Хасаев Габидулла Рабаданович.

**Официальные оппоненты:**

доктор экон. наук, проф. Афоничкин Александр Иванович,  
доктор экон. наук, проф. Попов Владимир Александрович,  
доктор экон. наук Юрасов Алексей Владимирович.

**Ведущая организация:** Государственное научно-исследовательское учреждение  
«Совет по изучению производительных сил» (СОПС),  
г. Москва

Защита состоится 6 марта 2007 г. в 10-00 на заседании диссертационного Совета ДМ 212.215.01 при государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева» по адресу: 443086, Самара, Московское шоссе, 34, ауд. 209.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева».

Автореферат разослан 31 января 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
д.э.н., доцент

Сорокина М.Г.

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Определение направлений, факторов и условий устойчивого роста региональной экономики требует разработки соответствующего прогнозно-аналитического инструментария, который позволял бы органам власти субъекта Российской Федерации осуществлять научно обоснованные прогнозы последствий принимаемых управленческих решений, проводить многовариантные сценарные исследования возможностей экономического роста, в том числе по сценариям Минэкономразвития РФ в рамках ежегодных прогнозов социально-экономического развития РФ. Ядром такого инструментария должна являться экономико-математическая модель экономического роста в регионе, которая давала бы возможность в среднесрочной и долгосрочной перспективе оценивать границы роста валового выпуска и валового регионального продукта в зависимости от инвестиционных усилий, платежеспособного спроса, демографических факторов, поведения окружения, а также темпов технического прогресса и других аспектов устойчивого роста. Концептуальной основой модели должен быть региональный воспроизводственный процесс, в котором производство, распределение, обмен и потребление образуют органическое единство. Поскольку в прогнозных экспериментах участвует не сама экономико-математическая модель, а ее имитационный (компьютерный) аналог, то большое значение для эффективности прогнозирования играют используемые методы синтеза имитационной модели по ее математическому аналогу. Важно, чтобы имитационная модель без потерь воспроизводила всю глубину причинно-следственных связей, установленных на концептуальном и математическом уровнях, и была бы удобной для экспериментирования. Поэтому построение модели регионального экономического роста во всех ее стадиях (концептуальной, математической, имитационной) является чрезвычайно актуальной задачей и главной целью настоящего исследования. Наличие адекватной модели превращает прогнозирование в процесс научного исследования возможных путей развития. Выделение в модели экономического роста *управляющих параметров* и *индикаторов роста* позволяет разделить прогнозные исследования на два вида: 1 - ситуационное (сценарное) прогнозирование, при котором по заданному сценарию (значениям управляющих параметров) на модели региона рассчитываются траектории индикаторов; 2 - индикативное планирование, при котором по заданному индикативному плану (множеству индикаторов с заданными значениями) рассчитываются управляющие воздействия субъектов региона (сценарий), приводящие к желаемому результату. Если ситуационное прогнозирование нацелено на предсказание, то индикативное планирование, наоборот, ориентировано на способы повышения эффективности плановых проектов, анализ реальных возможностей достижения поставленных целей, обоснование их осуществимости. В основе индикативного планирования лежит идея, что не надо предсказывать то, чем можно управлять, а следует выявлять проблемы и искать оптимальные пути их решения. Разработка информационных технологий и инструментальных средств, поддерживающих названные виды прогнозных исследований в их рациональном сочетании и взаимодополнении также является актуальной задачей.

**Степень разработанности проблемы.** Многогранность и многоаспектность макроэкономической категории «экономический рост» обусловили существующее многообразие подходов и методов к его моделированию и прогнозированию. Для

конкретизации проводимых исследований в диссертации принято определение экономического роста, данное М. Тодаро в книге «Экономическое развитие. - М.: Экономический факультет МГУ, ЮНИТИ, 1997»: *Экономический рост (economic growth) – устойчивый процесс роста производственных возможностей экономики и увеличение вследствие этого национального дохода (конечного продукта, валовой добавленной стоимости)*. В диссертации рассматриваются следующие факторы экономического роста: природные ресурсы; людские ресурсы; основной капитал; технический прогресс. При этом существующие модели экономического роста, методы и средства его прогнозирования изучаются с позиций возможности их применения для решения актуальных задач моделирования и прогнозирования развития региона – субъекта РФ. Социально-экономическая деятельность региона рассматривается на основе ее информационного описания, получаемого от территориального органа государственной статистики.

Анализ современного состояния теории и практики моделирования и прогнозирования экономического роста показывает, что существуют два основных направления моделирования экономического роста. Первое направление предполагает построение производственных функций, увязывающих экономический рост с динамикой факторов производства. Второе направление связано с моделированием производства и потребления на основе межсекторных моделей и межотраслевого баланса. В первом случае экономика рассматривается как целостная, неструктурированная единица, на вход которой поступают ресурсы, а на выходе получается результат функционирования экономики в форме валовой добавленной стоимости или валового внутреннего продукта. Ресурсы рассматриваются как аргументы, а валовой внутренний продукт - как функция. Во втором случае экономика структурирована и состоит из конечного числа секторов или «чистых» отраслей, производящих один или несколько продуктов. Экономический рост моделируется на основе баланса спроса и предложения факторов производства в секторах экономики.

В научной литературе имеется много различных типов и классов моделей экономического роста на основе производственных функций, отличающихся глубиной описания объекта моделирования, методами построения и областью применения. Авторы этих моделей пытаются ответить на следующие вопросы:

- 1 – каким образом факторы влияют на выпуск (вид производственной функции)?
- 2 – каким образом моделируется динамика каждого из факторов – экзогенно (задается извне) или эндогенно (вычисляется внутри модели)?

В зависимости от ответа на этот вопрос модели экономического роста делятся на экзогенные и эндогенные. К первым относятся знаменитые базовые модели Дж. М. Кейнса, Р. Харрода, Е. Домара, Р. Солоу. В этих моделях параметры, характеризующие накопление капитала, темп технического прогресса, прирост трудовых ресурсов, задаются извне. Модели эндогенного роста, так называемая «новая волна» в теории экономического роста, появились в середине 1980-х гг. В них основное внимание уделяется моделированию технического прогресса как процессу увеличения производительности за счет воздействия инновационной деятельности и накопления человеческого капитала. Это, в первую очередь, модели экономического роста с человеческим капиталом (модели Мэнкью-Ромера-Вейла, Р. Лукаса); модели на основе включения сектора инноваций (модели К. Эрроу, П. Ромера, Ф. Агиона и П. Хауитта). В настоящее время магистральное направление в моделировании экономического роста на основе производственных функций нацелено на поиск и

объяснение причин роста внутри самих моделей роста, то есть на дальнейшую «эндогенизацию» модели. Здесь интерес представляют модели роста в виде системы моделей экономических агентов, принимающих решения на основе теории игр и исследования операций. В России разработками таких моделей занимаются в ВЦ РАН (А.А. Петров, И.Г. Пospelов, А.А. Шананин, Н.Н.Оленев и другие).

Моделирование экономического роста на межсекторных моделях восходит к моделям расширенного воспроизводства К. Маркса. В более современной трактовке эти модели представлены в трудах П. Сраффы, В. С. Немчинова, В.С. Дадаяна, В. А. Колемаева. Подход к моделированию экономического роста на основе межотраслевого баланса В. Леонтьева базируется на описании продуктовых и финансовых потоков между отраслями экономики с увязкой спроса и предложения. При этом используются так называемые *динамические модели межотраслевого баланса*, в которых основные соотношения статической модели баланса воспроизводятся для каждого года рассматриваемого периода с разделением конечного продукта на инвестиции и потребление. При расчетах валовой выпуск задается вне модели, например, экстраполяционным прогнозом или экспертно. В последние годы в РФ работы по моделированию экономического роста, базирующиеся на межотраслевых балансах, проводились в Институте народнохозяйственного прогнозирования РАН (в лабораториях М.Н. Узякова, Н.В. Суворова и А.Р. Белоусова), в Институте макроэкономических исследований Минэкономразвития РФ (под руководством Л.А. Стрижковой и В.А. Новичкова), в ИЭ и ОПП СО РАН (А.Г. Гранберг, С.А. Суспицин), в Самарском Государственном экономическом университете (в лаборатории А.И. Ханунова). Попытки учесть кроме межотраслевых связей еще целый ряд общеэкономических показателей, таких как финансовые ресурсы, денежные доходы населения и прочее привели к появлению так называемого *макроструктурного моделирования* (Ф.Н. Клоцвог). В ИНП РАН в 1995 году была разработана макроструктурная модель развития экономики Республики Татарстан. В дальнейшем были созданы макроструктурные модели экономик Белоруссии (1998 г.) и Украины (2000 г.). В 1999 г. в ИНП РАН была разработана прогнозная макроструктурная модель российской экономики на период до 2005 года на принципах оптимизационного натурально-стоимостного межотраслевого баланса.

Постоянное усложнение макроструктурных моделей и их информационного описания делает актуальным использование современных компьютерных технологий для автоматизации процессов построения и использования моделей. Принципы построения автоматизированных информационных систем (АИС) для регионального прогнозирования и планирования были достаточно глубоко разработаны еще в 1970-1980-х гг. применительно к существовавшей тогда системе управления, информационного и компьютерного обеспечения. В последние годы разработки АИС возобновились с ориентацией на задачи краткосрочного и среднесрочного регионального прогнозирования в условиях переходного периода. Эти работы координируются Министерством экономического развития и торговли РФ. Общей чертой разрабатываемых АИС является то, что они автоматизируют формирование и использование баз данных, конструирование моделей из готовых узлов и блоков, проведение многовариантных прогнозных-аналитических расчетов, оформление результатов. Наиболее известной разработкой этого класса является комплекс "Прогноз", созданный компанией ЗАО «Прогноз» (Д.Л. Андрианов). Другая система региональных прогнозов, увязываемых в общий территориальный прогноз по Российской Федерации, разработана в Новосибирском институте экономики и

организации промышленного производства СО РАН (С.А. Суспицын). На наш взгляд, наиболее развитыми и теоретически обоснованными являются системы прогнозирования, разработанные в Вычислительном центре Российской академии наук (А.А. Петров) и в Институте народнохозяйственного прогнозирования РАН (М.Н. Узяков).

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационного исследования является разработка теоретических основ, инструментальных средств и информационных технологий анализа, моделирования и прогнозирования экономического роста в регионе – субъекте РФ. Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих научно-исследовательских задач:

- анализ существующих моделей и систем прогнозирования экономического роста;
- разработка макроэкономической модели регионального экономического роста (концептуальной, математической), позволяющей оценивать рост валового выпуска, ВРП, производственного потенциала экономики региона в зависимости от динамики основных факторов производства и поведения субъектов региона;
- исследование разработанной макроэкономической модели регионального экономического роста в статике и динамике;
- разработка методов и инструментальных средств конструирования имитационных моделей сложных социально-экономических систем;
- синтез имитационной (компьютерной) модели регионального экономического роста по концептуальному и математическому аналогам как основы для экспериментальных исследований;
- разработка информационной технологии ситуационного прогнозирования для прогнозных исследований возможностей экономического роста в регионе (решение задач «что будет, если...»);
- разработка информационной технологии индикативного планирования на модели экономического роста в регионе (решение задач «что надо, чтобы...»);
- исследование факторов, влияющих на точность результатов прогнозирования;
- разработка принципов построения автоматизированной информационной системы (АИС) для прогнозных-аналитических исследований экономического роста в регионе – субъекте РФ;
- разработка информационного обеспечения и инструментальных средств АИС.

**Объектом диссертационного исследования** является экономический регион – субъект РФ на примере Самарской области.

**Предмет исследования** – методы, модели и системы анализа и прогнозирования экономического роста в регионе.

**Теоретическую и методологическую базу исследования** составляют научные труды отечественных и зарубежных авторов в области теории экономического роста, прогнозирования, ситуационного управления, экономико-математического моделирования, искусственного интеллекта, планирования вычислений, планирования эксперимента. Диссертационная работа выполнена на стыке экономических дисциплин и дисциплин, связанных с моделированием и управлением сложными динамическими объектами. При разработке теоретической модели

регионального экономического роста автор диссертации опирался на работы таких известных российских ученых-экономистов, как Л.И. Абалкин, А.Г. Аганбегян, В.В. Валентей, В.С. Дадаян, С.С. Дзарасов, А.Г. Гранберг, В.В. Ивантер, Ф.Н. Клоцвог, В.Н. Лексин, Р.М. Нуреев, А.А. Петров, В.М. Полтерович, В.А. Попов, И.Г. Поспелов, О.С. Пчелинцев, Б.А. Райзберг, В.К. Семенычев, М.Н. Узяков, Г.Р. Хасаев, Б.М. Штульберг, Ю.В. Яременко и др., а также зарубежных: Г. Беккер (G. Becker), М. Блауг (Blaug), Дж. Кейнс (J. Keynes), В. Леонтьев, Дж. фон Нейман (J. Neumann), Дж. Робинсон (J. Robinson), Р. Солоу (R. Solow), П. Сраффа (P. Sraffa) и других. При разработке методологии и инструментальных средств имитационного моделирования и ситуационного прогнозирования использованы работы следующих российских ученых и специалистов: Н.Н. Моисеева, А.А. Петрова, Д.А. Поспелова, А.С. Нариньяни, Э.Х. Тыгу, М.А. Кораблина, С.А. Суспицина, М.А. Узякова и др., а также зарубежных авторов: Д. Форрестера (Dj. Forrester), Е. Киндлера (E. Kindler), А. Прицкера (A. Pricker) и других.

**Информационную базу исследования** составили статистические данные о развитии экономики и социальной сферы Самарской области, полученные от территориального органа государственной статистики, а также результаты аналитических расчетов выполненных автором диссертации.

**Научная новизна** результатов диссертационной работы состоит в том, что впервые с единых позиций рассмотрен весь комплекс задач моделирования и прогнозирования экономического роста в регионе – от построения концептуальной модели экономического роста, до создания инструментальных средств и информационных технологий прогнозно-аналитических исследований возможностей и направлений регионального экономического роста. В диссертационной работе автором получены следующие научные результаты.

1. Разработана новая макроэкономическая модель регионального экономического роста в виде системы, в состав которой входят три взаимосвязанных компонента:

- *пятисекторная балансовая модель*, описывающая двунаправленные потоки ресурсов и спроса на них между секторами экономики в соответствии с логикой воспроизводственного процесса;

- *модель потенциального выпуска*, описывающая изменение границ экономического роста региональной экономики в зависимости от динамики основных производственных факторов (модель потенциальных возможностей);

- *модель поведения субъектов региона*, представляющая собой совокупность моделей деятельности экономических агентов, приводящих в движение ресурсы региона в границах потенциальных возможностей (модель, задающая развитие).

2. При разработке и исследовании математической модели экономического роста в статике и динамике получены следующие результаты, имеющие научную новизну:

- установлена связь между ростом нормы накопления в секторах экономики и ростом инфляции на потребительском рынке; показано, что для нейтрализации инфляции необходим компенсирующий рост потребительского сектора, на основании чего доказывается несправедливость известного тезиса о преимущественном росте I-го подразделения (производство средств производства) по отношению ко 2-му (производство предметов потребления);

- получены зависимости между ВРП и выпусками в секторах экономики, нормами накопления, потребления и налоговой нагрузкой;

- выведены пропорции сбалансированного роста и показано, что устойчивый экономический рост требует вполне определенных соотношений между выпусками в секторах экономики для каждого значения темпа экономического роста;

- показано, что при переходе экономики с одного темпа роста на другой необходим переходный период, в течение которого лимитирующие секторы экономики должны изменить свой потенциал под пропорции новой траектории роста;

- найдена зависимость потенциального выпуска сектора экономики от процессов ввода и выбытия капитала, влияния демографических факторов, роста производительности труда и воздействий технического прогресса;

- впервые решена задача определения нормы накопления, необходимой для обеспечения желаемого экономического роста в регионе при заданной исходной возрастной структуре ОФ и капиталоемкости производства;

- показано, что эндогенную модель поведения экономического агента целесообразно искать как решение задачи индикативного планирования. При этом агент не максимизирует значения тех или иных индикаторов своей деятельности, как этого требует неоклассическая теория, а минимизирует суммарную неудовлетворенность от непопадания индикаторов в желаемые границы.

3. Предложен новый метод формализованного представления сложных экономических объектов в виде иерархической сети производственных функций, позволяющий на единой основе описывать процессы генерации, преобразования, распределения и потребления различных видов ресурсов при соблюдении количественных и технологических ограничений. Создаваемая при этом имитационная модель представляется в виде двунаправленной вычислительной сети (ДВС). Строительной единицей ДВС является функциональный модуль (единичная производственная функция), выполняющий взаимно противоположные операции по переработке ресурсов и спроса на них при обеспечении этих операций необходимой информацией и энергией. Разработан базовый набор функциональных модулей, необходимый и достаточный для моделирования экономических систем.

4. Разработаны формальные процедуры конструирования дискретных и непрерывных имитационных моделей экономических объектов в виде ДВС по их концептуальному описанию, а также по математической модели, записанной в обычной математической нотации.

5. Разработана методология ситуационного прогнозирования экономического роста в регионе, отличительная особенность которой состоит в композиции идей сценарного прогнозирования и ситуационного управления. Согласно разработанной методологии, прогноз является результатом эволюции имитационной модели деятельности региона на заданную перспективу в соответствии с экзогенным сценарием развития и эндогенными моделями поведения экономических агентов.

6. Разработан новый алгоритм индикативного планирования, позволяющий по заданному индикативному плану (множеству индикаторов с заданными интервалами целевых значений) рассчитать сценарий (управляющие воздействия экономических агентов), приводящий к желаемым значениям индикаторов экономического роста. Новизна алгоритма заключается в том, что при принципиальной невозможности размещения всего множества индикаторов в заданных границах, формируется решение в условиях «нежестких» границ, имеющее наименьшую «неудовлетворенность» с точки зрения исследователя.

7. Разработан новый подход к верификации и коррекции отчетной региональной



социально-экономической информации, основанный на идее балансировки образованных и использованных ресурсов региона. Задача заключается в построении “баланса балансов”, обладающего минимальной, в смысле заданного критерия, противоречивостью.

8. Разработаны принципы построения автоматизированной информационной системы (АИС), предназначенной для анализа, индикативного планирования и ситуационного прогнозирования регионального экономического роста, формирования и информационной поддержки региональных управленческих решений.

### **Основные научные положения и результаты, выносимые на защиту**

1. Макроэкономическая модель экономического роста в виде системы, в состав которой входят три взаимосвязанных компонента:

- пятисекторная балансовая модель экономики в статике и динамике;
- модель потенциального выпуска секторов экономики в зависимости от процессов ввода и выбытия капитала, влияния демографических факторов, роста производительности труда и воздействий технического прогресса;
- модель поведения субъектов региона (экономических агентов).

2. Результаты анализа разработанной макроэкономической модели регионального экономического роста, имеющие научную новизну:

- оценка последствий инвестиций в основной капитал;
- зависимость инфляции на потребительском рынке от нормы накопления в секторах экономики;
- зависимости между ВРП и выпусками в секторах экономики, а также нормами накопления, потребления и налоговой нагрузкой;
- пропорции и условия сбалансированного экономического роста в регионе;
- оценки нормы накопления и потенциала капиталобразующего сектора, необходимых для обеспечения желаемого экономического роста в регионе.

3. Метод формализованного представления сложных экономических объектов в виде иерархической сети производственных функций, позволяющий на единой основе описывать процессы генерации, преобразования, распределения и потребления всех видов ресурсов при соблюдении технологических ограничений.

4. Процедуры конструирования дискретных и непрерывных имитационных моделей экономических объектов по их концептуальному описанию, а также по математической модели, записанной в обычной математической нотации.

5. Имитационная модель регионального экономического роста, *синтезированная* по разработанным концептуальной и математической моделям с помощью созданных средств конструирования имитационных моделей.

6. Научно-методические основы и информационные технологии индикативного планирования и ситуационного прогнозирования экономического роста в регионе, развивающие идеи сценарного прогнозирования и ситуационного управления.

7. Принципы построения автоматизированных информационных систем, предназначенных для анализа, индикативного планирования и ситуационного прогнозирования регионального экономического роста, формирования и поддержки региональных управленческих решений.

8. Разработанные инструментальные средства имитационного моделирования (инструментальная система моделирования “Economics”) и прогнозно-аналитических исследований регионального развития (АИС «Регион»), практически используемые в

университетских курсах и в правительствах субъектов РФ.

**Практическая значимость работы.** Достоверность и практическая значимость результатов диссертационной работы, содержащихся в ней подходов, моделей и методических материалов, подтверждается их непосредственным использованием в Правительстве Самарской области для целей анализа и прогнозирования регионального развития. Ориентация на стандартную региональную статистику позволяет использовать сделанные разработки в органах государственной власти других субъектов РФ. Разработанные в диссертации подходы к моделированию и прогнозированию экономического роста позволяют распространить их на ряд смежных областей экономической науки: прогнозирование развития муниципальных образований, стратегическое планирование деятельности предприятий.

**Реализация результатов.** На основе разработанных в диссертации моделей, методов и инструментальных средств создана автоматизированная информационная система АИС «Регион», предназначенная для анализа, индикативного планирования и ситуационного прогнозирования регионального экономического роста, формирования и поддержки региональных управленческих решений (заказчик - министерство экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области). Система внедрена в различных субъектах РФ в следующих модификациях:

- АИК «Прогноз», АИК «Стандарты» СПб (установлены в Санкт-Петербургском информационно-аналитическом центре при Правительстве Санкт-Петербурга);

- АИС «Регион» / Макро (установлена в администрациях Саратовской и Томской областей и других субъектах РФ).

В департаментах экономики администраций городов Омск, Самара, Тольятти, Жигулевск, Новокуйбышевск, Отрадный, а также в НИЦ «Природопользование» (г. Санкт-Петербург) внедрена система АИС «Город», являющаяся адаптированным к городским условиям аналогом системы АИС «Регион»/Макро. Система разработана в рамках хоздоговорных работ с администрациями перечисленных городов и использует следующие результаты диссертационной работы: обобщенную модель экономического роста, модели поведения экономических агентов, технологию имитационного моделирования.

По материалам диссертации автором прочитан курс лекций «Прогнозирование национальной экономики» с циклом лабораторных работ в Самарском государственном экономическом университете в 2002 - 2006 гг.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертации докладывались на II-й Всесоюзной конференции «Искусственный интеллект - 90» (Минск, 1990); на международной конференции BLACK SEA'90 (Varna, Bulgaria, 1990); на VI, VII и XIII Международной конференции «Applications of Artificial Intelligence in Engineering»: AIENG-91 (Oxford, 1991), AIENG-93 (Toulouza, 1993), AIENG-98 (Southampton, UK, 1998); на II, V, VIII и X Санкт-Петербургской Международной конференции «Региональная информатика»: РИ-92 (СПб, 1992), РИ-96 (СПб, 1996), РИ-2002 (СПб, 2002); РИ-2006 (СПб, 2006); на Всероссийской научно-практической конференции «Самарская область на пороге XXI века» (Самара, 1998); на Международной научно-практической конференции «Проблемы развития предприятий: экономика, организация, менеджмент», (Самара, 2001); на Международном научном симпозиуме «Перспективы развития регионов в условиях глобализации: экономика, менеджмент, право», (Самара, 2003); на Международном

научном конгрессе "Проблемы качества экономического роста", (Самара, 2004); на Международной научно-практической конференции "Воспроизводственный потенциал региона" (Уфа, 2004).

Результаты работы представлялись также в Совете по проблемам регионального развития Минэкономики России в июне 1999 года, где получили высокую оценку и были рекомендованы к внедрению в другие регионы РФ ("Российский экономический журнал", 2000 г. - №2). Методологические аспекты прогнозирования регионального развития представлялись автором на семинарах в Совете по изучению производительных сил (СОПС, Москва) в 2003 и 2004 годах.

В ходе проводимых исследований автором были получены гранты Российского фонда фундаментальных исследований (1996 г.) и Минобразования РФ (2002 г.).

**Публикации.** По материалам выполненных исследований и разработок опубликовано более 30 научных работ, в том числе 2 монографии и 20 статей в международных и центральных научных изданиях общим объемом более 50 печ. л.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемых источников из более 200 наименований и 4 приложений. Общий объем работы 386 страниц сквозной нумерации, 87 рисунков.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и задачи исследования, характеризуется научная новизна и практическая ценность работы, приводятся основные положения, выносимые на защиту, описывается содержание работы.

В **первой главе** дается содержательное описание постановленных целей и задач и анализируются проблемы моделирования экономических систем. Исследуются существующие подходы к моделированию экономического роста с позиции их применимости для прогнозирования экономического роста в регионе - субъекте Российской Федерации. В результате исследования были установлены причины методологического и информационного характера, которые, на взгляд автора, ограничивают использование рассмотренных моделей для регионального прогнозирования. В частности, для подхода, основанного на построении производственных функций, установлены следующие причины:

1. **Отсутствие баланса спроса и предложения.** В неоклассических моделях исходной посылкой движения является *предложение*. Причинно-следственная цепочка начинается с расчета выпуска по производственной функции и значениям производственных факторов. Затем по заданной норме накопления рассчитываются сбережения и потребление. Сбережения трансформируются в инвестиции, которые увеличивают капитал и цепочка замыкается. В большинстве посткейнсианских моделей роста, наоборот, причинно-следственная цепочка начинается с инвестиций, которые определяют сбережения и формируют совокупный спрос, рассматриваемый как основной мотор экономического роста. Возникает естественное желание объединить эти две противоположные цепочки в рамках одной модели, в которой спрос и предложение будут находиться в диалектическом единстве.

2. **Экономика рассматривается как «черный ящик»** с накоплением на входе и темпами роста на выходе. Взаимосвязь между факторами производства и его

результатом, имеющая в своей основе причинно-следственный характер, в моделях производственных функций отражается как определенная корреляционная зависимость, проявляющаяся как некоторое математическое ожидание множества конкретных ситуаций.

3. Равновесие в неоклассических моделях лишено причинности, поскольку модели состоят из системы одновременных уравнений. Другими "временными" проблемами неоклассических моделей является пренебрежение переходными процессами, в течение которых успевают проявиться окончательные результаты воздействия экономических сил.

4. В большинстве моделей потенциальный выпуск отождествляется с текущим выпуском введением предположения о 100% загрузке производственных мощностей. Это не позволяет моделировать «восстановительный» рост и работу экономики региона в условиях неполной загрузки, что особенно актуально в переходный период.

5. Выходом моделей, как правило, является валовая добавленная стоимость. Динамика промежуточного потребления игнорируется, хотя ясно, что изменение нормы накопления меняет структуру валового выпуска. В итоге за рамками рассмотрения оказываются ресурсосберегающие технологии и процессы, затраты на которые относятся на счет промежуточного потребления.

6. Динамика капитала в рассмотренных моделях (кейнсианских и неоклассических) описывается, как правило, следующим отношением:

$$dK/dt = I - \lambda K, \quad (1)$$

где  $dK/dt$  - скорость изменения основного капитала,  $I$  - валовые капиталовложения в единицу времени,  $\lambda$  - норма выбытия. Отсюда следует, что выбытие капитала связано только с текущей стоимостью капитала и не зависит от выпуска. То есть, простаивает оборудование или работает на полную мощность - выбытие капитала одно и то же. При моделировании реальной экономики это допущение неизбежно приведет к завышенным затратам капитала на единицу продукции. В рассмотренных моделях не учитывается распределение основных фондов (ОФ) по возрастам.

7. В большинстве моделей численность трудовых ресурсов изменяется экспоненциально, при этом не учитывается их распределение по возрастам. Для российских регионов, где распределение населения по возрастам буквально изрыто «демографическими ямами», такое описание совершенно неприемлемо. Конечно, анализируемые модели можно усложнить включением более адекватной демографической модели. Также вместо простой модели динамики капитала (1) можно использовать более сложную модель, учитывающую все замечания, перечисленные в пункте 6. Однако это будут уже другие модели, к которым уже не будут применимы выводы, полученные авторами по оригинальным моделям.

Основные причины, ограничивающие использование подхода к моделированию экономического роста на основе динамического межотраслевого баланса и межсекторных моделей следующие:

1. *Методологические ограничения.* Межотраслевой баланс не описывает в достаточной мере воспроизводственный аспект хозяйственного развития, в частности, распределение добавленной стоимости в отраслях на накопление и потребление. В отличие от моделей на основе производственных функций, где все внимание уделяется добавленной стоимости, здесь, наоборот, основное внимание уделяется промежуточному потреблению. Модели таких факторов экономического роста, как трудовые ресурсы и технический прогресс, как правило, отсутствуют.

2. *Отсутствие надежной информации о межотраслевых процессах.* Опыт

разработки плановых межотраслевых балансов в СССР показывает, что такая работа предполагает наличие крупных профессиональных коллективов при государственной организации соответствующих исследований. В условиях рыночной экономики значительно снижаются качество и надежность статистической информации. Существование коммерческой тайны, стремление хозяйствующих субъектов уйти от налогов создают серьезные препятствия для сбора надежной информации о хозяйственных процессах. Происходящий в настоящее время переход государственной статистики от ОКОНХ к ОКВЭД существенно и надолго ухудшает информационное обеспечение метода межотраслевого баланса. В связи с этим более оправданным является использование межсекторных моделей.

3. *Прогрессирующая глобализация экономики.* В основе метода межотраслевого баланса лежит предположение о достаточно жестких технологических связях между отраслями экономики. Однако такие жесткие связи существуют, как правило, между отраслями реального сектора экономики. В сфере услуг характер таких связей менее жесткий. Поэтому в условиях постиндустриальной экономики, где ослабевает роль реального сектора и все большую часть экономики составляет сфера услуг, возможности моделирования экономики на принципах межотраслевого баланса сокращаются. Особенно это касается регионов, для которых большинство хозяйственных связей замыкается за их пределами. В связи с этим возрастает роль межсекторных моделей, основу которых составляют не межотраслевые связи, а соотношения между процессами накопления и потребления.

**Предлагаемый подход к моделированию экономического роста.** Поскольку рост валового выпуска в регионе происходит в рамках имеющегося производственного потенциала и зависит от платежеспособного спроса и инициативы производителей и домашних хозяйств, то модель экономического роста предлагается разрабатывать **как систему**, в состав которой входят три взаимосвязанных компонента (рис.1):

- межсекторная балансовая модель «спрос-предложение»,
- модель потенциального выпуска,
- модель поведения субъектов региона (экономических агентов).

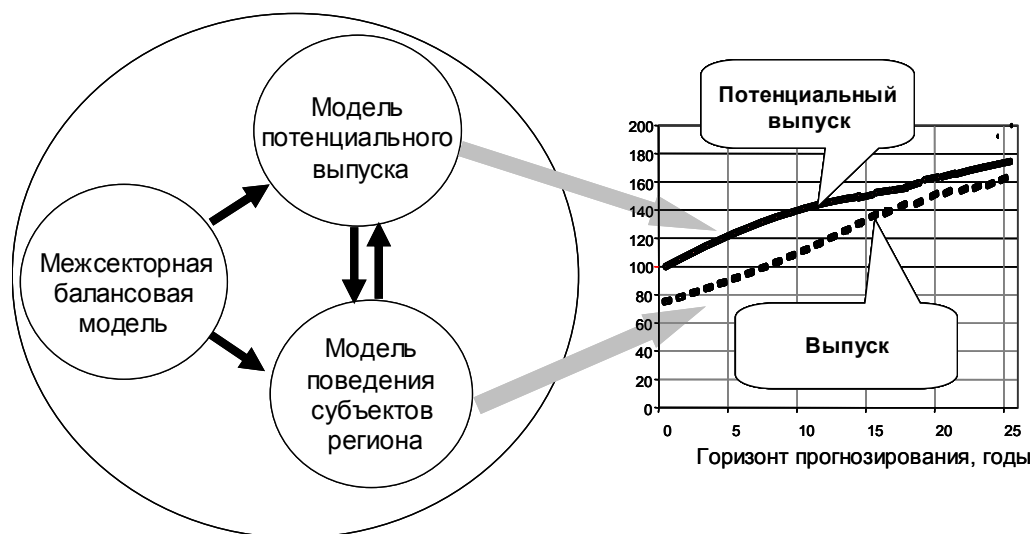


Рис.1. Модель экономического роста как система взаимосвязанных компонентов

Межсекторная балансовая модель формирует выпуски в секторах экономики в зависимости от состояния производственного потенциала и динамики спроса на продукцию соответствующих секторов. Выпуск сектора моделируется *обобщенной производственной функцией* (ОПФ) (рис. 2), работающей с двунаправленными потоками спроса и предложения материальных, капитальных, трудовых и информационных ресурсов.

$$V_i(t) = \min \{V_i^{dir}(U, t), V_i^{pot}(U, t), V_{i,M}^{pot}(U, t)\}; \quad (2)$$

$$D_{i,1}(t), D_{i,2}(t), \dots, D_{i,n}(t) = F_{Ti}(V_i(t), U(t)). \quad (3)$$

Здесь  $V_i(t)$  - выпуск  $i$ -го сектора экономики;  $V_i^{dir}(U, t)$  - желаемый (директивный) выпуск  $i$ -го сектора;  $V_i^{pot}(U, t)$  - потенциальный выпуск  $i$ -го сектора (*модель потенциального выпуска*);  $V_{i,M}^{pot}(U, t)$  - возможный выпуск сектора по промежуточному потреблению;  $D_{i,1}(t), D_{i,2}(t), \dots, D_{i,n}(t)$  - платежеспособный спрос  $i$ -го сектора на продукцию других секторов (включая инвестиционные товары и услуги и трудовые ресурсы);  $U = [u_1, u_2, \dots, u_N]$  - вектор параметров, характеризующих поведение субъектов региона на горизонте прогнозирования (пропорции распределения добавленной стоимости между накоплением и потреблением, ставки налогов, и т.п.);  $F_{Ti}$  - функционал, формирующий спрос на продукцию других секторов в соответствии с технологической структурой продукции данного сектора.

Балансовая модель экономики в целом представляет собой систему ОПФ секторов экономики, связанных между собой через общие переменные логикой производственного процесса.

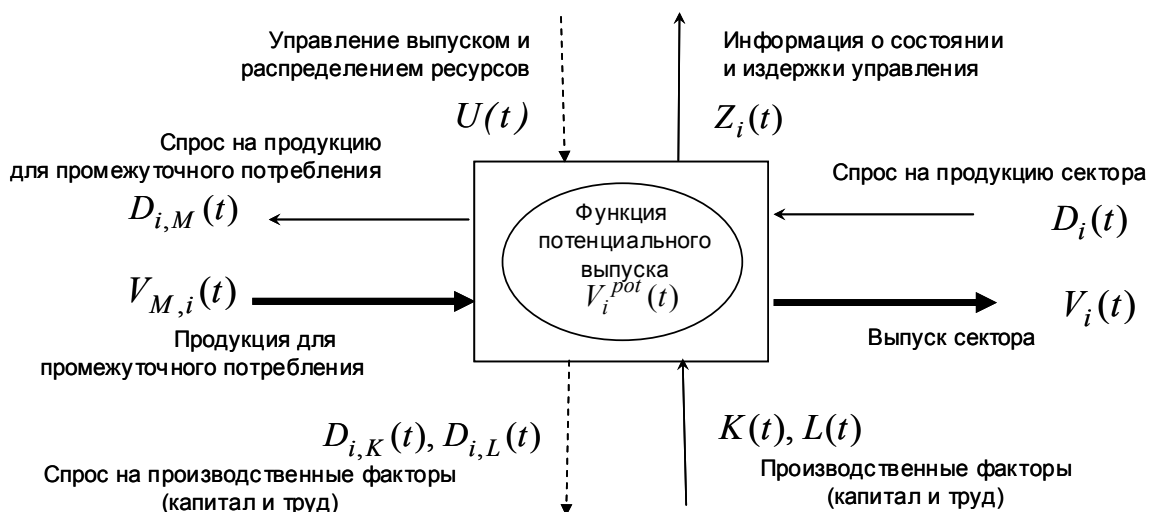


Рис. 2. Обобщенная производственная функция сектора экономики

*Модель потенциального выпуска* задает границы роста. Она описывает изменение потенциально возможного выпуска секторов экономики  $V_i^{pot}$   $i = 1, 2, \dots, n$  в зависимости от процессов ввода и выбытия капитала, влияния демографических факторов, роста производительности труда и технического прогресса. Модель

конструируется в виде функции потенциального выпуска (ФПВ), композитирующей потенциальные выпуски сектора по ОПФ ( $V_{i,K}^{pot}$ ) и по трудовым ресурсам ( $V_{i,L}^{pot}$ ):

$$V_i^{pot}(t) = F(V_{i,K}^{pot}(t), V_{i,L}^{pot}(t)). \quad (4)$$

В отличие от балансовой модели и модели потенциального выпуска, описывающих возможные величины спроса и предложения ресурсов при задаваемых нормативах и пропорциях их производства, распределения, накопления и потребления, модель поведения  $U = U(t)$  объясняет механизмы изменения этих нормативов и пропорций, тем самым задавая динамику экономического роста.

Предложенный подход к моделированию экономического роста определил дальнейшую структуру изложения материала диссертации. В главах 2-4 рассматриваются компоненты модели экономического роста. Глава 5 посвящена формальным процедурам конструирования имитационных моделей экономических объектов. В главе 6 рассматривается имитационная модель экономического роста и автоматизированные системы для проведения прогнозно-аналитических исследований возможностей экономического роста в регионе.

**Во второй главе** подробно рассматривается построение межсекторной балансовой модели экономики региона, являющейся базовым компонентом предлагаемой модели экономического роста. Предложена схема разбиения экономики на секторы. При разбиении используется подход, направленный на уточнение деталей логики воспроизводственного процесса. Показано, что разбиение экономики на секторы, принятое в СНС не отражает логику воспроизводственного процесса, поскольку секторы, производящие товары и услуги для промежуточного потребления, инвестиционные товары, потребительские товары и услуги объединены в один сектор – «сектор нефинансовых корпораций».

В главе последовательно, по мере усложнения, изучаются следующие балансовые модели в статике и динамике: трехсекторная модель закрытой экономики; четырехсекторная модель открытой и закрытой экономики; пятисекторная модель открытой экономики. При этом рассматриваются следующие секторы: энергосырьевой, капиталобразующий (далее – *капитальный*), потребительский, государственный и сектор домашних хозяйств. К энергосырьевому сектору относятся виды деятельности по производству товаров и услуг для промежуточного потребления. Капитальный сектор экономики образуют виды деятельности по производству инвестиционных товаров и услуг. Потребительский сектор производит товары и услуги для конечного потребления домашних хозяйств. Государственный сектор объединяет виды деятельности, финансируемые за счет бюджетов всех уровней. Сектор домашних хозяйств аккумулирует денежные средства секторов, направляемые на потребление, и формирует рынок трудовых ресурсов. Строительной единицей межсекторных моделей является ОПФ сектора экономики (см. рис. 2), работающая с двунаправленными потоками ресурсов. Потенциальный выпуск сектора задается функцией потенциального выпуска (ФПВ), которая композитирует текущую производительность основных фондов и трудовых ресурсов. На рис. 3 показана наиболее полная из изучаемых в диссертации моделей - пятисекторная модель открытой экономики. На рисунке тонкими стрелками показаны потоки денежных средств, толстые стрелки отображают движение соответствующих ресурсов.

Баланс спроса и предложения в статике описывает следующая система уравнений:

$$M_M + M_K + M_C + M_G + M_H = V_M - M_E + \Delta V_M; \quad (5)$$

$$I_M + I_K + I_C + I_G + I_H = V_K - K_E + \Delta V_K; \quad (6)$$

$$V_H - M_H - I_H = V_C - C_E + \Delta V_C; \quad (7)$$

$$R_M + R_K + R_C + R_G + R_H = V_G + S_H - G_E + \Delta V_G; \quad (8)$$

$$C_M + C_K + C_C + C_G + S_H = V_H + R_H - H_E + \Delta V_H. \quad (9)$$

Здесь  $V_M, V_K, V_C, V_G$  - валовой выпуск за год в энергосырьевом, капитальном, потребительском и государственном (нерыночные услуги) секторах, соответственно;  $V_H$  - денежные расходы домашних хозяйств на региональном потребительском рынке;  $M_M, M_K, M_C, M_G, M_H$  - промежуточное потребление в секторах;  $I_M, I_K, I_C, I_G$  - инвестиции в секторах,  $I_H$  - инвестиции домашних хозяйств;  $C_M, C_K, C_C, C_G$  - потребительский спрос, порожденный соответствующими секторами;  $S_H$  - социальные трансферты;  $R_M, R_K, R_C, R_G, R_H$  - налоговые поступления из соответствующих секторов;  $M_E, K_E, C_E$  - сальдо вывоза/ввоза (чистый экспорт) сырья, капитала и потребительских товаров соответственно;  $G_E$  - сальдо расчетов с Центром;  $H_E$  - сальдо вывоза/ввоза денежных средств населения;  $\Delta V_M, \Delta V_K, \Delta V_C$  - изменение запасов продукции в соответствующих секторах;  $\Delta V_G$  - изменение денежных (золотовалютных) запасов государства;  $\Delta V_H$  - изменение денежных запасов населения.

Уравнение (5) представляет собой материальный баланс на уровне промежуточного потребления; (6) – инвестиционный баланс; (7) – баланс потребительского рынка; (8) – баланс государственного сектора; (9) – баланс доходов и расходов населения. В предположении нулевого изменения запасов в секторах экономики и с учетом следующих коэффициентов, характеризующих: доли добавленных стоимостей в секторах ( $d_M^Y, d_K^Y, d_C^Y, d_G^Y$ ), обобщенные налоговые ставки  $r_M, r_K, r_C, r_G, r_H$ , сложившиеся в соответствующих секторах, а также нормы накопления ( $s_M, s_K, s_C, s_G, s_H$ ) и потребления ( $c_M, c_K, c_C, c_G$ ) в секторах, систему уравнений (5) - (9) можно представить в виде следующей системы линейных уравнений 5-го порядка относительно неизвестных  $V_M, V_K, V_C, V_G, V_H$ :

$$-d_M^Y V_M + (1-d_K^Y) V_K + (1-d_C^Y) V_C + (1-d_G^Y) V_G + d_H^M V_H = -M_E; \quad (10)$$

$$s_M d_M^Y V_M + (s_K d_K^Y - 1) V_K + s_C d_C^Y V_C + s_G d_G^Y V_G + s_H V_H = -I_E; \quad (11)$$

$$-V_C + V_H(1-s_H - d_H^M) = -C_E; \quad (12)$$

$$r_M d_M^Y V_M + r_K d_K^Y V_K + r_C d_C^Y V_C + (r_G d_G^Y - 1) V_G + r_H V_H = -R_E; \quad (13)$$

$$c_M d_M^Y V_M + c_K d_K^Y V_K + c_C d_C^Y V_C + c_G d_G^Y V_G - (1+r_H) V_H = -H_E. \quad (14)$$

Система (10 - 14) является неопределенной, поскольку ранг матрицы равен 4 и меньше количества неизвестных переменных. Это означает, что данная система имеет бесконечное множество решений. Для получения конкретного решения необходимо и достаточно задать значение для одной из неизвестных переменных  $V_M, V_K, V_C, V_G, V_H$ . После этого значения остальных неизвестных будут вычислены.



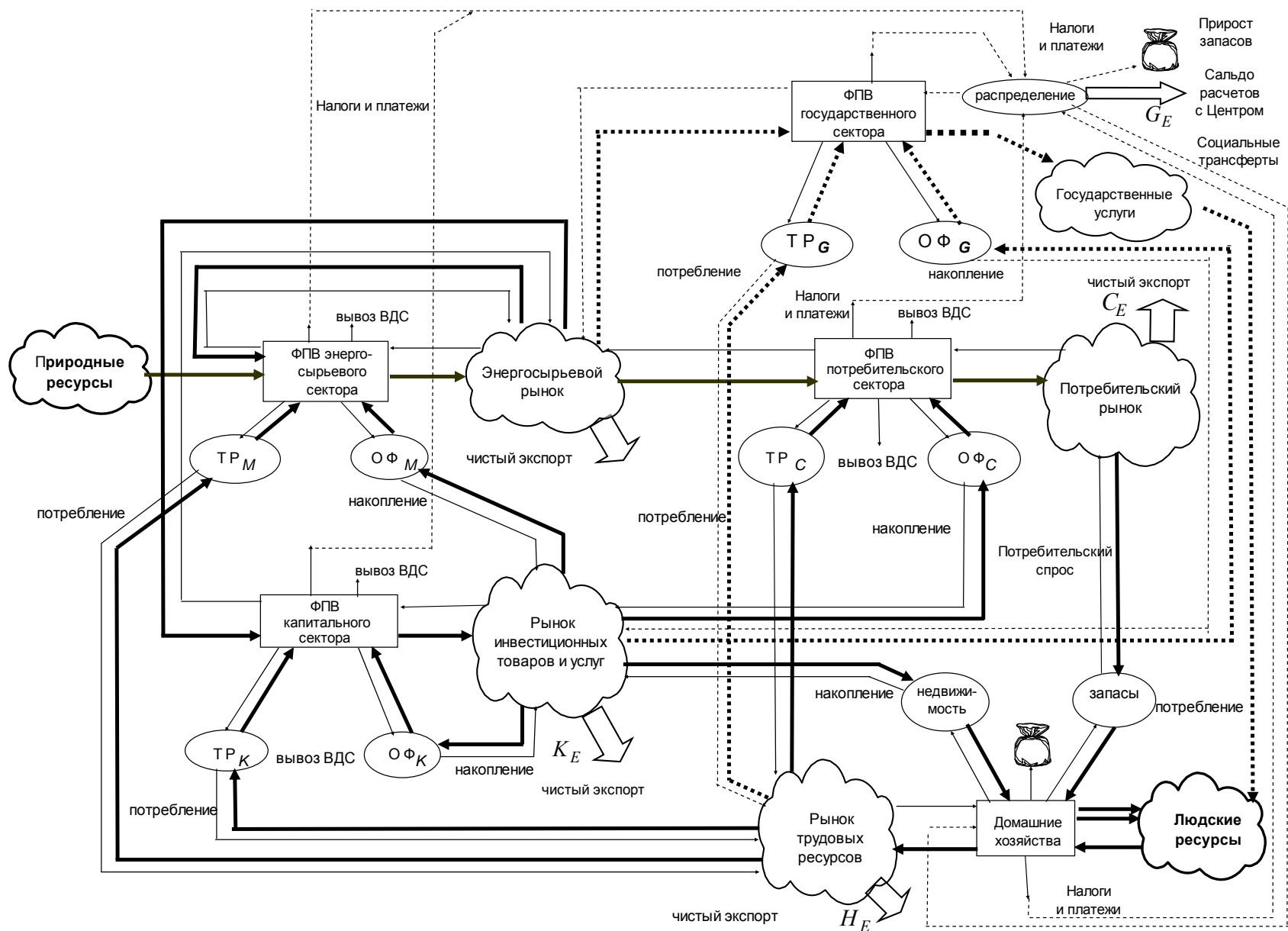


Рис.3. Пятисекторная модель открытой экономики

На балансовых моделях получены зависимости между добавленной стоимостью, создаваемой в экономике, и выпусками в секторах, а также нормами накопления, потребления и ставками налогов и платежей. В частности, для одной и той же нормы накопления  $s$  и налоговой нагрузки  $r$  в секторах экономики будем иметь:

$$Y = \frac{V_C}{1-s-r}; \quad V_K = \frac{s}{1-s-r} V_C; \quad V_G = \frac{r}{1-s-r} V_C; \quad V_K = \frac{s}{r} V_G. \quad (15)$$

Здесь  $Y$  - валовая добавленная стоимость (ВДС) региональной экономики.

Модель, в отличие от модели Р. Солоу, позволяет учесть два последствия инвестиций: 1 - в момент своего осуществления инвестиции повышают совокупный спрос и увеличивают выпуск капитального и энергосырьевого секторов экономики в рамках имеющегося потенциала; 2 - в последующие периоды инвестиции увеличивают совокупное предложение вследствие прироста потенциального выпуска.

Показано, что при увеличении *нормы накопления* объем потребления в экономике, в общем случае, не уменьшается. Например, рост нормы накопления в потребительском секторе уменьшает потребление только в этом секторе. С другой стороны, рост накопления в потребительском секторе увеличивает выпуск капитального и энергосырьевого секторов, что компенсирует падение потребления в потребительском секторе за счет конвертирования в потребление дополнительной добавленной стоимости, полученной в других секторах.

Построенные межсекторные модели позволили определить предельную норму накопления в экономике и установить связь между ростом нормы накопления и ростом инфляции на потребительском рынке. В частности, показано, что при фиксированной стоимости единицы живого труда и неизменном выпуске потребительского сектора увеличение нормы накопления в экономике в  $g$  раз ведет к росту инфляции на потребительском рынке также в  $g$  раз (при равной производительности труда в секторах). Для нейтрализации инфляции необходим компенсирующий прирост добавленной стоимости в потребительском секторе, иначе прирост нормы накопления приведет к снижению реальной стоимости единицы живого труда и экономический рост будет неэффективным. На основании этих выводов доказываем справедливость тезиса о преимущественном росте I подразделения (производство средств производства) по отношению ко II подразделению (производство предметов потребления).

Предложен показатель, характеризующий КПД экономики, который показывает отношение валовой добавленной стоимости (за исключением ресурсов, необходимых для простого воспроизводства) к общей стоимости товаров и услуг, произведенных экономикой.

В диссертации показана теоретическая возможность расчета ВРП (ВВП) на основе учета оборотов региональных рынков:

$$Y = W_K + W_C + W_G + E + G_E + \Delta Y. \quad (16)$$

Здесь  $Y$  - ВРП;  $W_K, W_C, W_G$  - обороты регионального рынка инвестиционных товаров и услуг, потребительского рынка и рынка государственных услуг соответственно;  $E$  - чистый экспорт товаров и услуг;  $G_E$  - сальдо расчетов региона с Центром;  $\Delta Y$  - чистый экспорт добавленной стоимости и прирост запасов.

С точки зрения системной динамики параметры  $V_M, V_K, V_C, V_G, V_H$  в (10) – (14), показывающие выпуски в секторах за год, имеют тип «накопленный поток». Для перехода к динамической модели необходимо от типов «накопленный поток» перейти

к типам «поток»  $\tilde{V}_M, \tilde{V}_K, \tilde{V}_C, \tilde{V}_G, \tilde{V}_H$ , имеющим размерность [ед. ресурса / ед. времени], и описать все потоки между секторами экономики, а также динамику запасов. Связь между потоками и запасами описывается дифференциальными уравнениями; например, для энергосырьевого сектора будем иметь:

$$dM_S(t)/dt = \tilde{V}_M(t) - \tilde{R}_M(t) - \tilde{E}_M(t); \quad (17)$$

$$\tilde{R}_M(t) = \begin{cases} \tilde{D}^M(t), & \text{при } \tilde{D}^M(t) < M_S(t)/\Delta t; \\ M_S(t)/\Delta t, & \text{при } \tilde{D}^M(t) \geq M_S(t)/\Delta t. \end{cases} \quad (18)$$

Здесь  $\tilde{V}_M(t)$  - текущий выпуск;  $M_S$  - текущий запас продукции сектора;  $\tilde{D}^M(t)$  - совокупный текущий спрос на продукцию сектора;  $\tilde{R}_M(t)$  - текущий объем реализации продукции сектора;  $\tilde{E}_M(t)$  - чистый вывоз (сальдо вывоза-ввоза). Текущий выпуск рассчитывается по модели (2). Текущий спрос на продукцию других секторов определяется по модели (3) текущими нормами накопления, потребления, ставками налогов. Изменение запасов продукции сектора говорит о наличии разбалансировки между спросом и предложением в экономике. Чем на большую величину изменяется запас, тем больше дисбаланс. С другой стороны, наличие запасов делает прямую зависимость между процессами корреляционной. Чем больше запас, тем менее зависимы процессы.

Между переменными типа «поток» и «накопленный поток (за год)» имеется следующая связь:

$$V_M(i) = \int_{t_{ni}}^{t_{ki}} \tilde{V}_M(t) dt; \quad V_K(i) = \int_{t_{ni}}^{t_{ki}} \tilde{V}_K(t) dt; \quad V_C(i) = \int_{t_{ni}}^{t_{ki}} \tilde{V}_C(t) dt; \quad V_G(i) = \int_{t_{ni}}^{t_{ki}} \tilde{V}_G(t) dt.$$

Здесь  $V_M(i), V_K(i), V_C(i)$  - выпуски соответствующих секторов в  $i$ -м году;  $t_{ni}, t_{ki}$  - начало и конец  $i$ -го года соответственно.

В диссертации показано, что:

1 – устойчивый экономический рост требует вполне определенных соотношений между выпусками в секторах экономики, своих для каждого значения темпа экономического роста  $q$ . В частности, для простого случая, полагая, что нормы накопления, соответствующие  $q$ -процентному экономическому росту в секторах равны:  $s_M^q = s_K^q = s_C^q = s_G^q = s^q$ , и при упрощающих предположениях:  $d_M^Y = d_K^Y = d_C^Y = d_G^Y = d^Y$  и  $r_M = r_K = r_C = r_G = r$ , пропорции сбалансированного роста выпуска в секторах экономики имеют следующий простой вид:

$$\tilde{V}_K(t) = \frac{s^q}{1 - s^q - r} \tilde{V}_C(t); \quad \tilde{V}_M(t) = \frac{1 - d}{d(1 - s^q - r)} \tilde{V}_C(t).$$

Если пропорции не выполняются, то в экономике неизбежно возникнет дисбаланс между спросом и предложением, что вызовет рост запасов одних товаров и дефицит других и в итоге приведет к торможению экономического роста;

2 – при переходе экономики с одного темпа роста на другой необходим переходный период, в течение которого лимитирующие сектора должны изменить свой потенциал под пропорции новой траектории роста. В диссертации установлена зависимость этого периода от условий экономического роста.

Анализ модели, приведенной на рис. 3, показывает идентичность капиталобразующего сектора и сектора домашних хозяйств в контексте создания факторов производства, хотя традиционно при расчете ВРП деятельность сектора домашних хозяйств по «производству» трудовых ресурсов не учитывается. В последние годы статистические службы ряда западных стран проводят экспериментальные оценки услуг, производимых домашними хозяйствами для собственного потребления (услуги по воспитанию детей, приготовлению пищи, поддержанию жилищ и др.). Есть основание полагать, что в обозримой перспективе оценки нерыночных услуг домашних хозяйств дополняют официальные данные о производстве ВРП и тем самым расширяют границы экономического анализа.

**В третьей главе** рассматриваются подходы к построению функции потенциального выпуска (ФПВ) сектора экономики, описывающей изменение потенциально возможного выпуска сектора в зависимости от процессов ввода и выбытия капитала, влияния демографических факторов, роста производительности труда и воздействий технического прогресса. ФПВ конструируется из потенциальных характеристик сектора по основным фондам и трудовым ресурсам.

Обозначим  $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots$  моменты ввода в действие основных фондов за счет инвестиций прошлых периодов. Тогда изменение потенциального выпуска ОФ в этих точках можно представить в виде следующей рекуррентной записи:

$$V_K^{pot}(t_{i+1}) = V_K^{pot}(t_i) + \Delta V_K^{in}(t_{i+1}) - \Delta V_K^{out}(t_i, t_{i+1}); \quad i = 0, 1, 2, \dots, \quad (19)$$

где  $\Delta V_K^{in}(t_{i+1})$  - прирост потенциального выпуска ОФ в момент времени  $t_{i+1}$  в результате ввода новых ОФ за счет инвестиций прошлых периодов;  $\Delta V_K^{out}(t_i, t_{i+1})$  - падение потенциального выпуска ОФ на интервале  $(t_i, t_{i+1})$  за счет износа. Капитал выбывает, перенося свою стоимость на выпускаемую продукцию. Для исследования процессов ввода и выбытия основных фондов введен в рассмотрение **коэффициент капиталопередачи** ( $k_e$ ), под которым понимаются затраты капитала, переносимые на единицу выпускаемой продукции:

$$k_e = K_0 / P. \quad (20)$$

Здесь  $P$  - стоимость выпущенной продукции на данных основных фондах за весь период их жизни - с момента ввода в эксплуатацию до их полного износа;  $K_0$  - первоначальная стоимость ОФ. Коэффициент капиталопередачи позволяет оценить объем фондов  $\Delta k_{out}$ , выбывающих в процессе производства  $V$  единиц продукции:

$$\Delta k_{out} = k_e V. \quad (21)$$

Введенный коэффициент капиталопередачи отличается от широко используемого в неоклассических и посткейнсианских моделях понятия «капиталоемкость». В отличие от капиталоемкости, характеризующей капитал, участвующий в производстве, коэффициент капиталопередачи характеризует капитал, перенесенный на продукцию.

В англоязычной литературе *капиталопередачу* описывают с помощью, так называемой, *интенсивности потребления капитала* (ИПК). ИПК - это часть добавленной стоимости, которую необходимо инвестировать в основной капитал для возмещения его выбытия с целью обеспечения простого воспроизводства. Между коэффициентом капиталопередачи и ИПК существует очевидная связь:

$$i_e(V - M) = k_e V, \quad (22)$$

где  $i_e$  - ИПК,  $V$  - годовой выпуск,  $M$  - промежуточное потребление.

Для оценки величины прироста потенциала ОФ  $\Delta V_K^{in}$  за счет инвестиций предлагается следующая модель. Предположим, что вновь приобретенные ОФ стоимостью  $I$  имеют следующие характеристики при нормативном использовании (рис.4): срок службы фондов -  $T_0$  [лет]; потенциальный выпуск -  $\Delta V(t) = \Delta V_0 S_K(t)$  [единиц продукции в год], где  $\Delta V_0$  - прирост потенциального выпуска, который обеспечивают вновь приобретенные ОФ в начальный момент;  $S_K(t)$  - «модель дожития» единицы основных фондов. Потенциальный объем продукции, который можно получить с добавленных основных фондов до их полного износа, равен:

$$P = b \Delta V_0 T_0. \quad (23)$$

Здесь  $b$  - коэффициент, учитывающий падение потенциального выпуска за счет старения ОФ. В частности, при линейной функции дожития:

$$b = (1 + a) / 2, \quad (24)$$

где  $a$  - коэффициент понижения потенциального выпуска в конце срока службы.

Износ ОФ в такой модели будет подобен износу угольного карандаша, переносящего свой грифель на бумагу. При этом меняется длина карандаша (оставшийся срок службы до полного износа); толщина линии меняется в зависимости от профиля функции дожития  $S_K(t)$ . Для двух крайних случаев линейной модели дожития  $S_K(t)$  будем иметь следующие выражения для величины прироста потенциального выпуска ОФ за счет инвестиций:

$$\text{для } a = 0: \Delta V(t) = \frac{I}{k_e T_0} 2 \left(1 - \frac{t}{T_0}\right); \quad (25)$$

$$\text{для } a = 1: \Delta V(t) = I / (k_e T_0). \quad (26)$$

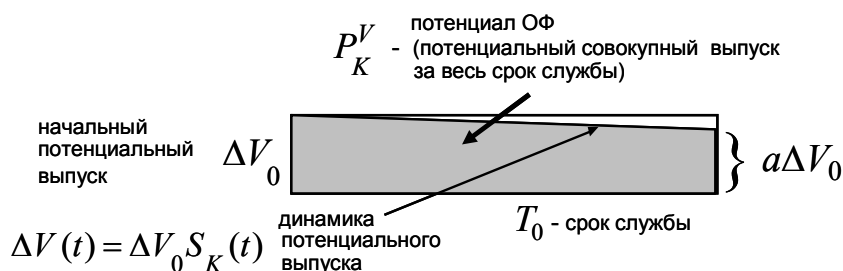


Рис. 4. Модель прироста потенциального выпуска ОФ

Полученные соотношения позволяют сделать следующий вывод: *потенциальный прирост годового выпуска продукции за счет инвестиций в ОФ прямо пропорционален величине этих инвестиций и обратно пропорционален коэффициенту капиталопередачи для выпускаемой продукции и нормативному сроку службы вводимых ОФ.* Чем дольше нормативный срок службы вводимых ОФ, тем на большее число лет растягивается перенос капитала на продукцию. Совокупный прирост продукции  $P$  в результате инвестиций  $I$  распределяется на  $T_0$  лет. То есть, инвестируя в «долгосрочные» ОФ, мы, в значительной мере, вкладываем в будущее

поколения. Если мы хотим быстрой отдачи от инвестиций, то должны инвестировать в отрасли с высокой скоростью амортизации ( $1/T_0$ ) и низкой капиталопередачей ( $k_e$ ).

Для оценки величины  $\Delta V_{out}$ , характеризующей в (19) падение потенциального выпуска ОФ за счет износа, введена потенциальная характеристика ОФ (ПХ ОФ), показывающая динамику потенциального выпуска сектора по ОФ при их невозобновляемом использовании и отсутствии ограничений по другим факторам. На рис. 5 проиллюстрирован геометрический подход к построению ПХ ОФ (случай  $a=1$ ). На рисунке каждой единице имеющегося оборудования соответствует прямоугольник со сторонами  $T_i$  (оставшийся срок службы до полного износа) и  $V_i$  (годовой объем выпуска при условии нормативной эксплуатации);  $V_0$  - потенциальный выпуск в текущий момент ( $V_0 = f_K(0)$ ),  $T_0$  - полный срок службы. Площадь под ПХ ОФ численно равна объему выпуска, который потенциально достижим на данном парке оборудования при условии нормативной эксплуатации. Площадь криволинейного треугольника  $V_0^{pot} AT_0$  характеризует текущий износ ОФ.

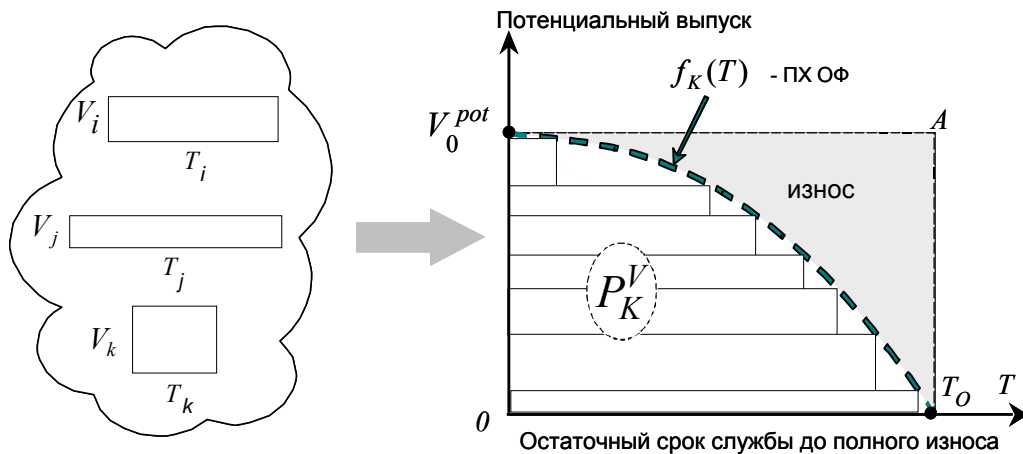


Рис. 5. К построению потенциальной характеристики основных фондов

Величина падения потенциального выпуска за некоторый период зависит от крутизны ПХ ОФ. Чем больше износ ОФ, тем круче ПХ и тем значительнее падение потенциала ОФ за один и тот же отрезок времени. За время  $\Delta T_i = t_{i+1} - t_i$  потенциальный выпуск упадет на величину

$$\Delta V_K^{out}(t_i, t_{i+1}) = f_K^{(i)}(0) - f_K^{(i)}(\Delta T_i), \quad (27)$$

где  $f_K^{(i)}(T)$  - ПХ ОФ, построенная для момента времени  $t_i$ .

Ввод новых ОФ в момент времени  $t_{i+1}$  за счет инвестиций прошлых периодов  $I_K$  приведет, согласно (26), к росту потенциального выпуска на величину

$$\Delta V_K^{in}(t_{i+1}) = \frac{I_K(t_{i+1} - T_d)}{k_e T_0}, \quad (28)$$

где  $T_d$  - временной лаг, задержка. После этого будем иметь новую ПХ ОФ  $f_K^{(i+1)}(T)$ :

$$f_K^{(i+1)}(T) = f_K^{(i)}(T + \Delta T_i) + \Delta V_K^{in}(t_{i+1}). \quad (29)$$

На модели роста производственного потенциала (19) решена задача определения нормы накопления ( $s_V^q$ ), необходимой для обеспечения желаемого  $q$ -процентного экономического роста при заданных исходной возрастной структуре ОФ и коэффициенте передачи ( $k_e$ ):

$$s_V^q = (1 + qT_0)k_e. \quad (30)$$

Для нормы накопления  $s_Y$ , рассчитанной по отношению к добавленной стоимости  $Y$ , аналогичным образом получено отношение, устанавливающее связь  $s_Y^q$  с ИПК  $i_e$ :

$$s_Y^q = (1 + qT_0)i_e. \quad (31)$$

Формулы (30), (31) выведены в предположении, что трудовые ресурсы и оборотные фонды имеются в необходимом количестве, то есть не являются лимитирующими факторами. Согласно этой формуле, устойчивый экономический рост требует существенных инвестиций. Например, для ежегодного прироста в 5% ( $q=0,05$ ) в секторе экономики с нормативным сроком службы ОФ 20 лет и их износом 50% требуется норма накопления  $s_Y^{0,05} = 2i_e$ , в два раза превышающая выбытие. Эти неочевидные результаты подтверждаются мировой практикой. Например, в США, экономика которых имеет ИПК на уровне 12,5% от ВВП, 3-х процентный экономический рост достигается за счет инвестиций на уровне 25% от ВВП.

По аналогии с (19) изменение потенциального выпуска по трудовым ресурсам можно представить в виде следующей рекуррентной записи:

$$V_L^{pot}(t_{i+1}) = V_L^{pot}(t_i) + \Delta V_L^{in}(t_{i+1}) - \Delta V_L^{out}(t_i, t_{i+1}); \quad i = 0, 1, 2, \dots, \quad (32)$$

где  $\Delta V_L^{in}(t_{i+1})$  - прирост потенциала трудовых ресурсов в момент времени  $t_{i+1}$  в результате ввода новых трудовых единиц;  $\Delta V_L^{out}(t_i, t_{i+1})$  - падение потенциала трудовых ресурсов на интервале  $(t_i, t_{i+1})$  за счет их выбытия. Оценка прироста и выбытия потенциала трудовых ресурсов оценивается по потенциальной характеристике трудовых ресурсов (ПХ ТР), которая строится, по аналогии с ПХ ОФ (см. рис. 5), суммированием отдельных моделей трудовых единиц, имеющих интервал оставшейся трудоспособности в соответствии с текущей демографической ситуацией в регионе. При оценке текущего выбытия учитывается сальдо замещения трудоспособных поколений, выбытие из-за смертности в трудоспособных возрастах и сальдо миграции рабочей силы.

**Учет технического прогресса в ПХ ОФ.** Темп технического прогресса (ТП) измеряют как изменение объема выпуска в расчете на человеко-час в сравниваемых годах: Применительно к ОФ простейшим допущением относительно технического прогресса является то, что технический прогресс с темпом  $g_K$  вызывает рост потенциального выпуска (добавленной стоимости) в  $g_K$  раз для того же самого объема инвестиций в ОФ. Например, если  $g_K = 1,02$ , то отдача от каждого рубля инвестиций в результате технического прогресса увеличивается на 2% в год, при этом

потенциальный выпуск возрастает так, как если бы инвестиции в ОФ за год выросли на 2%:

$$\Delta Y(1) / \Delta Y(0) = \left( \frac{I}{i_e(1)T_0(1)} \right) / \left( \frac{I}{i_e(0)T_0(0)} \right) = \frac{i_e(0)T_0(0)}{i_e(1)T_0(1)} = g_K. \quad (33)$$

Как следует из (33), технический прогресс вызывает уменьшение произведения ( $i_e T_0$ ). Исходя из определения ИПК и (26), и предполагая приблизительно равную производительность труда в секторах экономики, можно записать:

$$i_e = \frac{V_K}{Y} = \frac{Y_K + Y_M^K}{Y_M + Y_C + Y_K + Y_G} \approx \frac{L_K + L_M^K}{L_M + L_C + L_K + L_G}. \quad (34)$$

Здесь:  $L_K, L_M^K$  - численность занятых в капитальном секторе и занятые энергосырьевого сектора, обслуживающие капитальный;  $L_M, L_C, L_G$  - численность занятых в энергосырьевом, капитальном, потребительском и государственном секторах (общая численность занятых).

Анализ формулы (34) показывает, что интенсивность потребления капитала с ростом технического прогресса не уменьшается! Это связано с тем, что технический прогресс перераспределяет трудовые ресурсы в пользу капитального сектора. То есть числитель в выражении (34) растет, а знаменатель, характеризующий общую занятость в экономике, не увеличивается. Поскольку ИПК  $i_e$  с ростом технического прогресса не уменьшается, то уменьшение произведения ( $i_e T_0$ ) возможно только через уменьшение срока службы основных фондов  $T_0$ . Отсюда вывод – *технический прогресс ведет к уменьшению нормативного срока службы ОФ*. Это особенно заметно в последнее время, когда применение компьютерных технологий резко сократило срок службы ОФ в связи с быстрой сменой поколений вычислительной техники. Технический прогресс увеличивает активную часть ОФ за счет уменьшения их пассивной части (срока службы). Выводы о влиянии технического прогресса, полученные для ИПК, справедливы также и для коэффициента капиталопередачи.

**Композиция труда и капитала.** Количественная оценка производительности сектора должна учитывать оба ключевых фактора - производительность труда и производительность капитала. При ее оценке будем исходить из предположения, что труд и капитал не *замещают друг друга* как в неоклассической теории, а компонируются на рабочих местах. В этом смысле мы идем в след за Ю.В. Яременко, который считал, что «труд и капитал одного качества замещают труд и капитал другого качества». В самом деле, трудовая единица должна быть согласована с капитальной единицей как по квалификации, так и по нормативной производительности. Поэтому при моделировании ФПВ необходимо учитывать «степень согласования труда и капитала». В диссертации разработана новая модель композиции труда и капитала, в которой рабочие места и работники разбиваются на категории, и нахождение потенциально возможного выпуска сектора экономики сводится к наилучшему распределению работников по рабочим местам с учетом вероятностей сочетаний различных категорий работников и рабочих мест. При этом решается следующая оптимизационная задача линейного программирования транспортного типа:



$$V^{pot} = \max_{x_{ij}} \sum_i^m \sum_j^n v_{ij} x_{ij} = \sum_i^m \sum_j^n v_{ij} x_{ij}^{opt} \quad (35)$$

$$\text{при условиях: } \sum_i^m x_{ij} \leq L_j; \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad \sum_j^n x_{ij} \leq N_i; \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (36)$$

Здесь  $v_{ij}$  - среднегодовая выработка работника  $j$ -й категории на рабочем месте  $i$ -й категории, а  $x_{ij}$  - количество работников  $j$ -й категории, занимающих рабочие места  $i$ -й категории;  $L_j$ ,  $N_i$  - количество работников и рабочих мест соответствующих категорий.

**В четвертой главе** рассматривается построение третьего компонента модели экономического роста - модели поведения (см. рис. 1). В содержательном смысле модель поведения  $U = U(t)$  представляет собой совокупность моделей деятельности экономических агентов, приводящих в движение ресурсы региона: материальные, трудовые, финансовые. Невозможность полного формального описания поведения экономического агента требует привлечения экспертных знаний, замыкающих модель агента до разрешимого состояния. Чем полнее формальная модель агента, тем меньше требуется подобных экспертных знаний. Совокупность дополнительных экспертных знаний, привлекаемых для разрешимости модели региона относительно прогнозируемых параметров, образуют сценарий прогнозирования. Поэтому вектор параметров модели поведения можно разбить на два вектора:  $U = [U_B, U_S]$ , а саму модель поведения представить как систему из двух моделей: эндогенной модели поведения и экзогенного сценария развития:

$$U = \begin{cases} U_B = F_B(U_S, t) & - \text{эндогенная модель поведения} \\ U_S = F_S(t) & - \text{экзогенный сценарий развития} \end{cases} \quad (37)$$

Параметры сценария задаются экспертно в виде траекторий их изменения на горизонте прогнозирования:

$$U_S = [U_1(t), U_1(t), \dots, U_m(t)]. \quad (38)$$

Здесь  $U_1, U_2, \dots, U_m$  - векторы экзогенных параметров экономических агентов. Элементы вектора  $U_S$  (сценарные параметры) будем называть **регуляторами**.

При экзогенном задании всех механизмов поведения эндогенная модель поведения исчезает ( $U_B = \emptyset$ ) и модель поведения (37) превращается в чистый сценарий. Другая крайность - полная эндогенизация модели поведения, т.е.  $U_S = \emptyset$ . Однако это состояние принципиально недостижимо. Во-первых, потому, что полная эндогенизация модели означает предопределенность развития (рок, судьбу). Во-вторых, потому, что многие параметры функционирования региональной экономики не могут быть спрогнозированы на уровне региона, так как регион является системой более низкого порядка по отношению к остальному миру и некоторые экономические агенты, влияющие на деятельность региона, не являются его резидентами (например, правительство РФ). Идеальный сценарий в пределе должен содержать только такие переменные, которые являются управляющими параметрами экономической политики или формируются за рамками моделируемой экономической системы.

В настоящем исследовании проблема сокращения количества экзогенных переменных решалась путем построения моделей поведения экономических агентов в виде решения задачи индикативного планирования, когда требуется найти

допустимые значения регуляторов (38), при которых индикаторы регионального развития

$$Z = [z_1, z_2, \dots, z_n] \quad (39)$$

имели бы значения, лежащие в желаемых коридорах. При этом агенты не максимизируют значения тех или иных индикаторов своей деятельности, как это принято в неоклассической теории, а минимизируют суммарную неудовлетворенность от непопадания индикаторов в желаемые границы. Такой подход позволяет существенно эндогенизировать сценарий развития  $U_S$ .

В рамках описанного подхода в диссертации рассматривались модели следующих экономических агентов: домашних хозяйств; хозяйствующих субъектов; органов государственной исполнительной власти. Для всех агентов были построены эндогенные модели поведения, выделены векторы индикаторов и регуляторов, для которых заданы допустимые целевые ориентиры и границы варьирования.

**Схема прогнозных исследований на модели** Выделение в модели региона регуляторов и индикаторов позволяет разделить прогнозные исследования регионального развития на две процедуры:

1 - ситуационное (сценарное) прогнозирование, при котором по заданному сценарию на модели региона рассчитываются траектории индикаторов развития;

2 - индикативное планирование, при котором по заданному индикативному плану (множеству индикаторов с заданными значениями) рассчитывается сценарий (управляющие воздействия субъектов региона), приводящий к желаемому результату.

Схема прогнозных исследований на модели экономического роста приведена на рис. 6. «Цели и задачи» задают направление исследования; на их основе разрабатываются варианты сценариев развития и «Индикативный план развития». Индикативный план представляет собой набор индикаторов, для которых указаны целевые значения, которые следует достичь при решении соответствующих задач. Сценарии развития содержат значения управляющих параметров, которые экономические агенты предполагают выставить на горизонте прогнозирования.

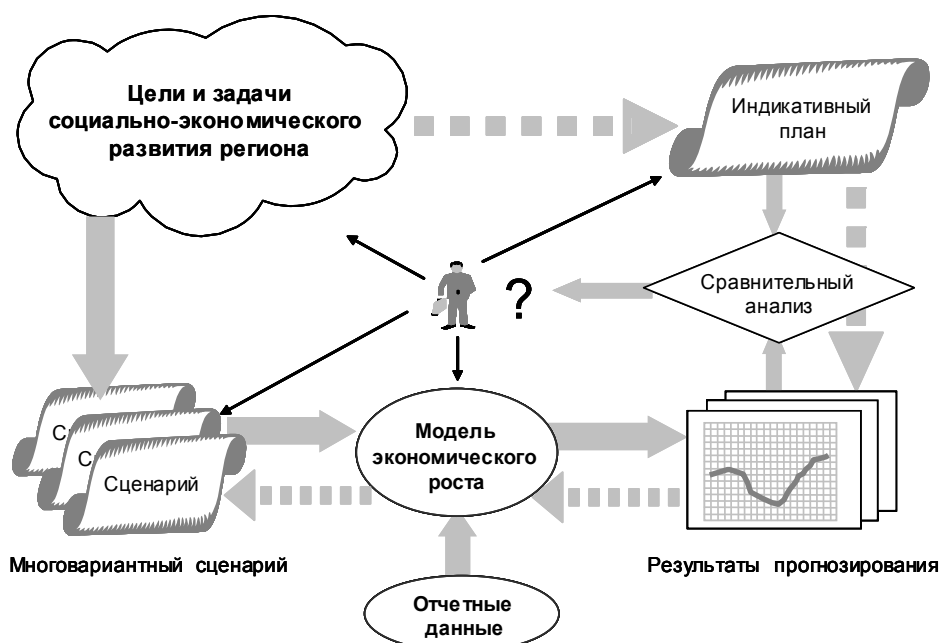


Рис. 6. Схема прогнозных исследований на модели экономического роста

В диссертации развиваются идеи ситуационного прогнозирования и индикативного планирования применительно к задачам исследования возможностей экономического роста в регионе.

**Ситуационное прогнозирование** является неотъемлемой частью этапа формирования стратегии регионального развития, на котором отрабатываются возможные варианты развития по принципу «что будет, если...». Процедура прогнозирования на этом этапе превращается в экспериментальное исследование на модели возможных путей экономического развития  $Z(t)$  в рамках пропорций, задаваемых сценарием  $U_S(t)$ :

$$Z(t) = M(U_S(t)), U_S(t) \subset U_0, t \in [0, T]. \quad (40)$$

Здесь  $M$  - модель экономического роста,  $U_0$  - множество исследуемых сценариев,  $T$  - горизонт прогнозирования. Сценарные параметры образуют своеобразный каркас вычислений, на основании которого рассчитывается динамика эндогенных параметров путем воспроизведения на модели установленных причинно-следственных связей. Используемая при построении модели региона **концепция «баланса балансов»**, являющаяся по сути выражением закона сохранения материи, обеспечивает полную сбалансированность получаемого прогноза  $Z(t)$  для любого временного сечения  $t$ . Главная особенность ситуационного прогнозирования состоит в том, что при исследовании статистических данных основное внимание уделяется не анализу трендов показателей, характеризующих состояние региона (индикаторов), а оценке параметров стратегий поведения субъектов региона (регуляторов), приведших к данному состоянию. Экстраполяция указанных стратегий, отражающая мотивацию поведения субъектов региона при ограниченных ресурсах (материальных, финансовых, трудовых), задает направление эволюции модели на горизонте прогнозирования. В этом смысле формируемый экспертами сценарий является стержнем эволюции. Поэтому построение сценария прогнозирования является ключевой задачей ситуационного прогнозирования. С математической точки зрения, сценарий является неотъемлемой частью модели объекта исследования, добавляющей в модель экспертные знания о внешних событиях и поведении действующих лиц, которые трудно формализовать. Сценарий позволяет через отклик модели сопоставлять экспертные предположения специалистов различных предметных областей, давая возможность **баланси́ровать амбиции** экспертов, участвующих в прогнозировании. В рамках диссертационного исследования разработана форма представления сценариев регионального развития в виде **сценарных карт**, содержащих структурированный набор экзогенных параметров модели, характеризующих поведение субъектов региона и внешнего окружения на горизонте прогнозирования.

**Индикативное планирование на модели экономического роста.** В диссертации разработана информационная технология индикативного планирования, позволяющая по заданному индикативному плану, в котором индикаторы (39) определяются параметрами границ

$$[z_{\min,i}, z_{\max,i}], i = 1, 2, \dots, n, \quad (41)$$

рассчитывать на имитационной модели региона сценарий (управляющие воздействия субъектов региона), приводящий к желаемым значениям индикаторов социально-экономического развития. Для оценки качества решения введен критерий эффективности  $Q$ , характеризующий общую «неудовлетворенность» из-за

отклонения индикаторов от желаемых значений:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i, \text{ где} \quad (42)$$

$$Q_i = \begin{cases} 0, & \text{если } z_{\min,i} \leq z_i(T) \leq z_{\max,i}; \\ (z_{\min,i} - z_i(T))^p g_{1i} / m_i, & \text{если } z_{\min,i} > z_i(T); \\ (z_i(T) - z_{\max,i})^p g_{2i} / m_i, & \text{если } z_i(T) > z_{\max,i}. \end{cases} \quad (43)$$

Здесь  $Q_i$  - штраф за отклонение индикатора от «зеленого коридора» (41);  $g_{1i}, g_{2i}$  - веса (важность)  $i$  - го индикатора;  $p$  - показатель степени (обычно  $p = 1$  или  $p = 2$ );  $m_i$  - масштабный коэффициент, используемый для приведения индикаторов к сопоставимой шкале. В случае, когда превышение целевого значения поощряется, значение весового коэффициента  $g_i$  приравнивается 0 или может быть отрицательным.

Задача индикативного планирования сведется к нахождению сценария  $U_S(t)$ ,  $t \in [0, T]$ , минимизирующего общую «неудовлетворенность» (42). В основу алгоритма ее решения положена градиентная схема поиска с использованием процедур последовательного планирования эксперимента. Оценка градиента осуществляется путем аппроксимации поверхности критерия (42) в заданной точке гиперплоскостью. Процедура индикативного планирования сводится к целенаправленной последовательности задач ситуационного прогнозирования (40), в результате чего по заданным границам индикаторов (41) рассчитываются наилучшие значения регуляторов, «загоняющие» индикаторы в желаемые границы. Можно, например, задать на конец горизонта прогнозирования желаемый размер ВРП и определить на весь этот период значения регуляторов, которых необходимо придерживаться для достижения желаемой величины ВРП.

Особенность разработанного алгоритма заключается в том, что при принципиальной невозможности размещения всего множества индикаторов в заданных границах, формируется решение в условиях «нежестких» границ, имеющее наименьшую «неудовлетворенность» с точки зрения исследователя. Трудоемкость процедуры индикативного планирования оценивается следующим выражением:

$$T_{\Sigma} = a_0 2^{2m},$$

здесь  $a_0$  - трудоемкость однократного решения задачи ситуационного прогнозирования (40);  $m$  - количество сценарных параметров, варьируемых при решении задачи индикативного планирования. Современное состояние вычислительной техники позволяет решать задачи индикативного планирования с одновременным изменением до 10 -12 регуляторов.

**Пятая глава** диссертации посвящена вопросам конструирования имитационных моделей сложных экономических систем. Для целей автоматизации процесса конструирования автором разработан метод формализованного представления сложных экономических объектов, основанный на идее декомпозиции обобщенной производственной функции, представленной на рис. 2. В главе описываются разработанные автором технология и инструментальные средства, позволяющие автоматизировать процесс построения имитационных моделей сложных

экономических объектов по их описанию на концептуальном и математическом уровнях. Согласно разработанному методу объект моделирования (ОМ) представляется в виде *иерархической сети производственных функций*, осуществляющих генерацию, преобразование, распределение и потребление различных видов ресурсов и спроса на них при обеспечении этих процессов необходимой энергией и информацией и соблюдении технологических ограничений (рис.7.). Границей ОМ является совокупность источников ресурсов и источников спроса, моделирующих оборванные связи ОМ с внешней средой. На рис.7 источники исходных ресурсов (ИИР) генерируют ресурсы  $R_1$ , которые преобразуются ОПФ в совокупность выходных (целевых) ресурсов  $R_2$ . Последние поглощаются потребителями целевых ресурсов (ПЦР), моделирующими поглощающую способность внешней среды. Эти потребители, являясь в свою очередь источниками спроса, генерируют спрос  $S_2$  на целевые ресурсы, который преобразуется ОПФ в спрос  $S_1$  на исходные ресурсы. Источники производительных ресурсов (ИПР) подводят к ОПФ энергию (капиталовооруженный труд)  $E_R$  согласно потребностям  $E_S$ , возникающим в процессе отработки ОПФ своей функциональной технологии. Субъекты управления (СУ) по наблюдаемым параметрам  $U_S$  генерируют управляющие воздействия  $U_R$ , корректирующие функционирование ОПФ.

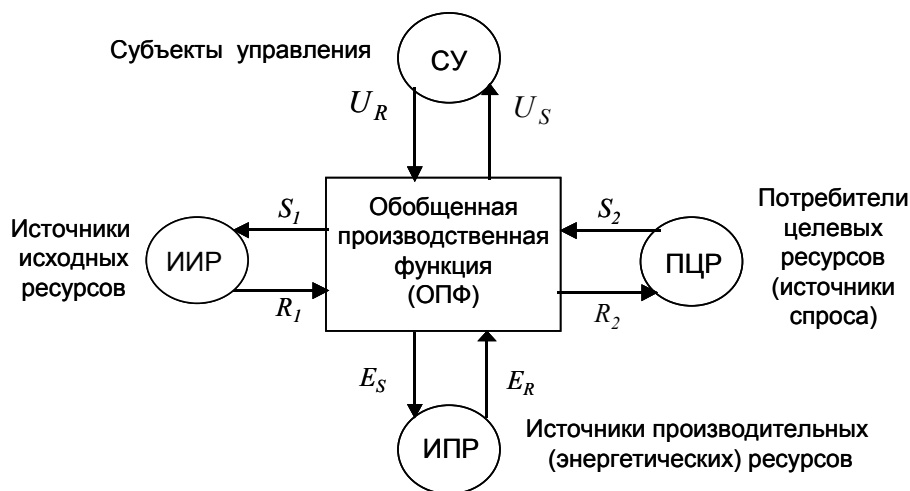


Рис.7. Обобщенная производственная функция верхнего уровня

Далее ОПФ декомпозируется в двунаправленную сеть преобразователей и распределителей, которую в дальнейшем будем называть двунаправленной вычислительной сетью (ДВС) (рис.8). Строительной единицей ДВС является функциональный модуль (ПФ второго уровня), выполняющий взаимно противоположные операции по переработке ресурсов ( $F_r$ ) и спроса на них ( $F_s$ ). Функциональные модули (ФМ) для этой цели обеспечиваются необходимой информацией ( $x$ ) и энергией ( $e_r$ ). Ресурсы и спрос являются “рабочим телом” ДВС.

В процессе имитации ресурсы и спрос преобразуются и передаются порциями, каждая из которых представляет собой структурный объект с четырьмя полями:

$$r = [p, q, a, t],$$

где  $p$  - наименование ресурса в порции;  $q$  - количество ресурса  $p$ -го типа в порции;

$a$  - текущий адрес положения порции на ДВС;  $t$  - дата рождения порции. Позиции  $p$  и  $q$  характеризуют количественно-качественные свойства порции ресурса, а позиции  $a$  и  $t$  - пространственно-временные. В связи с этим операции над порциями разделены на две категории:

- качественно-количественные;
- пространственно-временные.

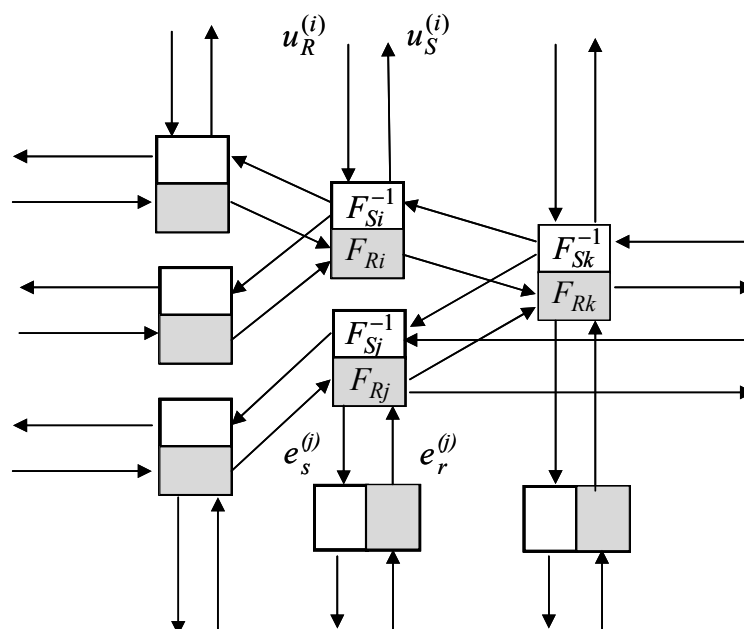


Рис.8. Двухнаправленная сеть производственных функций

Рассмотренный подход к формализации описания объекта моделирования применим для различных предметных областей. Различие будет заключаться только в использовании специфического для каждой предметной области набора функций  $F$  и  $F^{-1}$ . Номенклатура функций зависит от природы обрабатываемого ресурса. Например, если ресурс имеет материальную природу (энергия, вещество), то операции по его преобразованию не должны нарушать закон сохранения материи. Всё мыслимое разнообразие качественно-количественных операций над материальными ресурсами (веществом или энергией) можно свести к следующему набору функций:

- генерация (ввод ресурса в модель);
- терминация (удаление ресурса из модели);
- композиция (получение сложного ресурса из более простых);
- декомпозиция (разложение сложного ресурса на составляющие);
- мультиплексирование (объединение однородных ресурсов в один поток);
- распределение (разделение потока однородных ресурсов на несколько потоков);
- аккумуляция (накопление ресурса в месте хранения);
- извлечение ресурса из мест хранения.

Операции, при которых материальные ресурсы количественно умножаются, делятся или функционально преобразуются, являются недопустимыми, поскольку нарушают закон сохранения материи. На основании базового набора функций в диссертации определен базовый набор функциональных модулей для моделирования систем, работающих с материальными ресурсами.

Дополнение базового набора модулями, содержательно работающими с

информационными ресурсами ( $U_S$  и  $U_R$  на рис. 7), значительно расширяет предметную область моделирования, позволяя моделировать динамические системы, задаваемые алгебраическими, логическими и дифференциальными отношениями.

Двунаправленные вычислительные сети (ДВС) являются обобщением вычислительных сетей, управляемых потоками данных. Основной отличительной особенностью предлагаемой ДВС от остальных сетей является ее принципиальная двунаправленность по трем аспектам (см. рис. 7):

- по преобразованию ресурсов и спроса на них ( $R$  и  $S$ );
- по управлению процессом преобразования ( $U_S$  и  $U_R$ );
- по энергетическому обеспечению процесса преобразования ( $E_R$  и  $E_S$ ).

На ДВС можно исследовать вопрос о разрешимости той или иной задачи, не приступая к вычислениям. Действительно, применимость того или иного оператора определяется только тем, какие переменные имеют вычисленные значения, и не зависит от самих значений.

Автором разработаны следующие технологии построения имитационных моделей, базирующиеся на разработанном методе:

1. Построение имитационной модели по концептуальной модели экономического объекта без этапа математического моделирования. Это непосредственное конструирование, когда пользователь выбирает узлы сети (ФМ) из базового набора и соединяет их между собой линиями связи согласно своим знаниям о предметной области (причинно-следственным связям).

2. Построение имитационной модели по описанию ресурсов и качественно-количественных отношений между ними (алгоритм ресурсной структуризации).

3. Построение имитационной модели по математической модели динамического объекта, представленной в обычной математической нотации.

4. Построение дискретно-непрерывных имитационных моделей, когда движение ресурсов описывается дискретной моделью, а поведение экономических агентов – системой математических отношений. В этом случае при планировании вычислений одновременно используются два метода : и .5. Построение оптимизационных имитационных моделей, когда модель экономического объекта (дискретная или непрерывная) дополняется алгоритмом оптимизации, представленным в виде непрерывной ДВС. В процессе имитации с помощью этого алгоритма через информационные каналы  $u_S^{(i)}$ ,  $u_R^{(i)}$  (см. рис. 8) происходит выбор лучших параметров функционирования экономического объекта.

6. Обучение имитационных моделей экономических объектов в темпе имитации. В процессе обучения модель дополняется знаниями пользователя в части, касающейся принятия управленческих решений в непредвиденных ситуациях. Для восприятия моделью такого рода знаний разработаны средства моделирования, позволяющие решать следующие задачи:

- формировать запросы к эксперту за недостающими знаниями;
- воспринимать знания эксперта в виде продукций типа «ситуация → действие».

Разработанные в диссертации технологии моделирования на ДВС реализованы в виде инструментальной системы моделирования “Economics”. С помощью этой системы синтезирована имитационная версия разработанной макроэкономической модели экономического роста, которая описана в *шестой главе* диссертации. В

вычислительном смысле имитационная модель представляет собой интегрированную двунаправленную вычислительную сеть (ДВС), соответствующую логике экономического кругооборота. На модели воспроизводится двунаправленность экономических отношений, при которых акты взаимодействия между субъектами региона рассматриваются как с точки зрения движения доходов и платежных средств, так и реальных потоков ресурсов, товаров и услуг. Вычисления на модели проводятся с шагом 1 месяц. Динамика в модели обеспечивается за счет наличия дифференциальных и рекурсивных отношений, лаговых переменных и динамики экзогенного сценария. В имитационной модели энергосырьевой, капиталобразующий и потребительский секторы объединены в сектор производства товаров и рыночных услуг (СПТРУ), который, в свою очередь, разбит на отрасли. Производственные возможности отраслей СПТРУ задаются функциями потенциального выпуска (ФПВ), описывающими зависимость потенциального выпуска отрасли от состояния факторов производства и от экономической стратегии хозяйствующих субъектов. Объединение секторов в СПТРУ связано с тем, что до 2005 года отечественная статистика собирала информацию по отраслевому принципу согласно соответствующему классификатору (ОКОНХ). В настоящее время происходит переход от ОКОНХ к ОКВЭД, который позволит статистически «разрезать» СПТРУ на секторы, соответствующие логике воспроизводственного процесса. Необходимая статистическая информация ожидается уже в 2007 году.

В процессе имитации на модели воспроизводится возрастная структура основных фондов с учетом выбытия и ввода в действие производственных мощностей, проводимой инвестиционной политики и временного лага. Деятельность «государственного сектора экономики» основана на финансовом балансе сектора, доходы которого складываются из средств регионального и федерального бюджетов, внебюджетных фондов. Сектор оказывает коллективные и индивидуальные нерыночные услуги. Численность населения и трудовых ресурсов моделируется на основе метода передвижки возрастов с учетом ожидаемой динамики возрастных коэффициентов смертности и рождаемости и структуры миграционных процессов. В модели выделено шесть экономических агентов, это: хозяйствующие субъекты СПТРУ и государственного сектора, домашние хозяйства, региональное руководство, федеральное руководство, имеющее свои интересы в регионе, и внешнее окружение. Экономические агенты управляют пропорциями распределения соответствующих ресурсов. Распределение финансовых ресурсов происходит через бюджеты хозяйствующих субъектов, бюджетную систему региона и внебюджетные фонды денежных средств. Эндогенные модели экономических агентов входят в состав моделей соответствующих секторов. Экзогенные параметры моделей экономических агентов задаются в сценарии прогнозирования.

**Информационное обеспечение модели.** Все параметры модели разбиты на три класса: 1 - константы; 2 - сценарные параметры; 3 – переменные (интегрируемые, рекурсивные, промежуточные). Константы характеризуют сложившиеся пропорции региональной экономики, которые предполагаются неизменными на горизонте прогнозирования. Расчет констант (калибровка модели) проводится по отчетным данным за период 3-5 лет. Сценарные параметры характеризуют пропорции региональной экономики, которые могут быть изменены на горизонте прогнозирования. Они задаются экспертно в виде динамических рядов. Рекурсивные переменные необходимы для размыкания вычислительных контуров, которые неизбежно возникают при описании круговорота ресурсов, типа известного



марксовского цикла *деньги* → *товар* → *деньги*. Рекурсивные отношения наиболее адекватно описывают экономические процессы, поскольку экономика имеет рекурсивный характер функционирования, а именно, сегодняшние цены зависят от вчерашних доходов, а завтрашние доходы зависят от сегодняшних цен. Интегрируемые переменные описывают динамику запасов, а также используются при расчете показателей, вычисляемых «с нарастающим итогом». Начальные значения рекурсивных и интегрируемых переменных отражают состояние соответствующих ресурсов региона на начальный момент времени. При настройке модели начальные значения этих переменных задаются по отчетным данным. По отчетным данным также рассчитываются потенциальные характеристики факторов производства, которые затем используются при построении исходных ФПВ секторов экономики. Автором разработаны алгоритмы расчета ПХ ОФ, использующие сведения о степени износа ОФ и их распределении по возрастам. При расчете исходной ПХ ТР используется сложившееся в регионе распределение населения по возрастам.

При разработке модели используется региональная отчетная информация из следующих основных источников: территориальный орган государственной статистики Самарской области, Правительство Самарской области, налоговые органы, Внебюджетные фонды.

**Исследование достоверности прогнозирования.** В диссертации проводится анализ факторов, влияющих на качество результатов прогнозирования. Показано, что на точность прогнозирования влияют следующие факторы: 1) ошибки в исходных данных; 2) грубость модели; 3) ошибки при задании сценария.

Статистическая база анализа и прогнозирования до последнего времени остается главным препятствием для построения экономико-математических моделей регионального развития. Задача информационного обеспечения модели состоит в формировании на базе имеющихся статистических измерений совокупности не противоречащих друг другу показателей, которая имела бы необходимую степень полноты. Региональная статистика и отчеты различных ведомств, служащие материалом для формирования информационной базы модели, при сопоставлении, как правило, противоречат друг другу. В условиях недостатка и низкого качества информации неизбежна **коррекция** официально публикуемых данных. Используемые статистическими органами методики досчета и коррекции основных показателей деятельности региона, на наш взгляд, не решают главной проблемы региональной статистики, а именно, *сбалансированности статистического материала в целом*. Попытка отдельно скорректировать какие-либо частные балансы неизбежно приводит к изменению состояния других балансов, связанных общими статьями. Поэтому решение этой задачи возможно лишь при рассмотрении всех балансовых построений в их взаимосвязи. В диссертации разработаны методы и алгоритмы коррекции используемой отчетной информации, основанные на идее балансировки образованных и использованных ресурсов региона. Задача сводится к построению “*баланса балансов*”, обладающего минимальной, в смысле заданного критерия, противоречивостью. При этом учитывается правдоподобие отдельных статистических показателей в виде допустимых интервалов их корректировки. Процесс коррекции состоит в решении системы алгебраических уравнений, составленных для всех балансов (модель региона в статике), с целью определения поправочных коэффициентов, на которые надо изменить соответствующие статистические данные для устранения противоречивости показателей отдельных балансовых построений. В качестве критерия целесообразно использовать показатель

среднеквадратического отклонения между векторами исходных и откорректированных статистических данных. Наиболее эффективным является подход к коррекции данных, основанный на сопоставления результатов расчета одних и тех же показателей по разным массивам исходных данных. Например, сопоставление оценок ВРП, рассчитанных производственным методом и по источникам образования. Прибыль хорошо верифицируется по схемам, объединяющим различные методы ее расчета: через объем реализации и затраты, через налог на прибыль, через анализ направлений использования прибыли. Оплата труда уточняется путем анализа производственных затрат, а также обратным методом через анализ социального и подоходного налогов. Выпуск сферы нерыночных услуг сопоставляется с поступлениями в эту сферу из бюджетов всех уровней. Подобные верификационные схемы строятся также для оценки инвестиционных ресурсов, трудовых ресурсов, социальных выплат и пр.

В диссертации показано, что задачу коррекции исходных данных целесообразно свести к уже рассмотренной выше задаче индикативного планирования с «нежесткими границами» и воспользоваться соответствующим методом решения. В этой постановке индикаторами являются дисбалансы верификационных балансов, а регуляторами выступают корректируемые отчетные данные, на варьирование которых накладываются экспертные ограничения, учитывающие их правдоподобие. Разработанный в диссертации инструментарий верификации автоматически рассчитывает дисбалансы по всем верификационным схемам и отображает состояние региональной информационной базы в виде балансовых таблиц с использованием цветовой визуализации. Система позволяет пользователю вмешиваться в процесс коррекции данных, учитывая степень их достоверности.

Ошибки, связанные с грубостью модели, содержат две составляющие - методические ошибки и ошибки численной реализации модели. Методические ошибки обусловлены неизбежными упрощениями, возникающими при построении концептуальной модели, и потерями «интерпретативного контекста» при математическом моделировании объекта, особенно его динамики. Необходимость упрощения диктуется требованиями обозримости и практической реализуемости модели. В диссертации показано, что важнейшей причиной отрыва экономико-математических моделей от реальности является стремление исследователей получить результат исследования в аналитической форме, для чего реальная действительность загоняется в удобные для вычислений упрощенные априорные экономико-математические конструкции. Эволюционный характер экономических систем, который наиболее ярко проявляется при моделировании экономического роста, не позволяет получить конечных аналитических выражений и требует использования вычислений, соответствующих эволюции, а именно, имитационного моделирования. Разработанные автором средства имитационного моделирования позволяют с высокой точностью копировать причинно-следственные связи практически любой сложности, давая возможность разрабатывать концептуальные модели экономических систем без оглядки на формальный аппарат их исследования. Продуктивным инструментом улучшения прогностических свойств имитационной модели является процедура ее постепенной содержательной отладки, критерием качества которой можно считать увеличение способности модели воспроизводить ретроспективную динамику в полном объеме. В процессе построения модели была осуществлена ее отладка по критерию максимального приближения расчетных значений к фактическим итогам 2004 и 2005 гг. и ожидаемым результатам 2006 г. на

статистическом материале двух субъектов Федерации: Самарской области и Санкт-Петербурга.

Наиболее существенное влияние на качество прогнозирования оказывают ошибки в сценарных параметрах, которые носят субъективный характер и целиком зависят от профессионализма лиц, проводящих прогнозирование. Построение сценария регионального развития сводится к получению наиболее полного представления о возможных будущих траекториях развития региона. При этом необходимо описать предполагаемые стратегии поведения субъектов региона. Основными видами неопределенности, с которыми приходится сталкиваться при разработке сценария, являются:

- неопределенность поведения населения и хозяйствующих субъектов,
- недостаток информации об окружении и внешних связях,
- непредсказуемость поведения органов регионального руководства.

Первый вид неопределенности связан с невозможностью полной формализации деятельности хозяйствующих субъектов и населения, их мотивации к накоплению и потреблению. В модели склонность экономических агентов к накоплению и потреблению задается либо сценарно, либо является решением задачи индикативного планирования. Второй вид неопределенности связан с открытостью хозяйственного комплекса региона, невозможностью полного статистического учета межрегиональных поставок и действий федерального руководства. Это динамика цен на товарно-сырьевых рынках, курс доллара, сальдо ввоза-вывоза, ставки федеральных налогов и социальных трансфертов и т.д. Все эти показатели задаются в сценарии на основе сценарных параметров, рассылаемых Минэкономразвития РФ с коррекцией на региональную специфику. Раскрытие третьего вида неопределенности опирается на систему целей и задач регионального руководства. На базе системы целей вырабатывается соответствующая ей система индикаторов регионального развития, на основании которой путем решения задачи индикативного планирования находятся целесообразные интервалы варьирования сценарных показателей. Последнее не исключает использование экспертов, но существенно облегчает им задачу выбора значений сценарных параметров.

На основании разработанных методов и моделей экономического роста разработана **автоматизированная информационная система (АИС)**, предназначенная для решения задач индикативного планирования и ситуационного прогнозирования регионального развития. В диссертации изложена концепция построения АИС, основанная на следующих принципах:

- 1 - АИС должна использовать в качестве информационного ресурса стандартную социально-экономическую статистику субъекта РФ;
- 2 - все приложения АИС должны работать с единой моделью социально-экономической деятельности региона для обеспечения полной сбалансированности получаемого прогноза по всем направлениям социально-экономического развития;
- 3 - средства АИС должны проводить верификацию и коррекцию исходной информации о состоянии региона, восстановление недостающей информации и устранение противоречивости данных;
- 4 - АИС должна обеспечить коллективную работу экспертов над сценарием регионального развития;
- 5 - работа АИС должна быть организована в режиме ситуационного центра с использованием современных средств моделирования и визуализации.

В диссертации описаны разработанные автором инструментальные средства моделирования и прогнозирования, положенные в основу АИС. Это:

- информационная база и средства мониторинга социально-экономического состояния субъекта РФ;
- имитационная модель экономического роста и инструментальные средства моделирования для сопровождения и развития модели роста экономического;
- модуль ситуационного прогнозирования со сценарным блоком;
- модуль индикативного планирования с блоком формирования индикативного плана;
- пользовательские подсистемы (генераторы отчетов) по тематическим направлениям;
- многопанельная система управления (монитор АИС) для реализации индивидуальной и коллективной работы.

Разработанная АИС существует в нескольких модификациях: АИС-Регион, АИК-Прогноз, ПАК-Регион и пр. Системы установлены в целом ряде субъектов РФ, где используются для анализа и прогнозирования регионального развития. На АИС проводятся исследовательские работы по оценке пределов экономического роста в регионе, определению наилучшего соотношения между потреблением и накоплением, нахождению параметров инвестиционной политики, обеспечивающих устойчивый рост. В диссертации описано несколько вариантов практического применения АИС.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ**

В диссертации с единых позиций рассмотрен весь комплекс задач моделирования и прогнозирования экономического роста в регионе – от построения концептуальной модели экономического роста, до создания инструментальных средств и информационных технологий прогнозно-аналитических исследований возможностей и направлений регионального экономического роста. При этом получены следующие основные результаты.

1. Проведено исследование современного состояния теории и практики моделирования и прогнозирования экономического роста. Установлены причины методологического и информационного характера, которые, по мнению автора, ограничивают использование существующих моделей экономического роста для решения задач регионального прогнозирования.

2. Предложен авторский подход к построению макроэкономической модели экономического роста в виде системы, в состав которой входят три взаимосвязанных компонента: межсекторная балансовая модель «спрос-предложение», модель потенциального выпуска, модель поведения субъектов региона.

3. Разработана пятисекторная балансовая модель региональной экономики, основанная на разбиении экономики региона на сектора: энергосырьевой, капиталобразующий, потребительский, государственный и сектор домашних хозяйств. На модели получены зависимости между ВРП и выпусками в секторах, а также нормами накопления, потребления и налоговой нагрузкой. Предложен новый способ оценки валовой добавленной стоимости, создаваемой в регионе. Предложен показатель, характеризующий КПД экономики.

4. Определены пропорции между выпусками в секторах экономики, необходимые для обеспечения сбалансированного экономического роста. Определены условия перехода экономики с одного темпа роста на другой.

5. Разработана модель потенциального выпуска сектора экономики, которая описывает изменение потенциального выпуска сектора в зависимости от процессов ввода и выбытия капитала, влияния демографических факторов, роста производительности труда и воздействий технического прогресса. Модель сконструирована в виде функции потенциального выпуска (ФПВ), композирующей потенциальные возможности сектора по основным фондам и трудовым ресурсам.

6. Решена задача определения нормы накопления, необходимой для обеспечения желаемого экономического роста в регионе. Получена оценка необходимого выпуска инвестиционного сектора, обеспечивающего желаемый прирост производственного потенциала экономики.

7. Разработана модель поведения субъектов региона - экономических агентов, приводящих в движение ресурсы региона: материальные, трудовые, финансовые. Модель поведения экономического агента представлена в виде системы из двух составляющих: эндогенной модели поведения и экзогенного сценария развития.

8. Предложен метод формализованного представления сложных экономических объектов в виде иерархической сети производственных функций, позволяющий на единой основе описывать процессы генерации, преобразования, распределения и потребления различных видов ресурсов при соблюдении количественных и технологических ограничений. Создаваемая при этом имитационная модель представляется в виде двунаправленной вычислительной сети (ДВС).

9. Разработаны формальные процедуры конструирования дискретных и непрерывных имитационных моделей экономических объектов в виде ДВС по их концептуальному описанию, а также по математической модели, записанной в обычной математической нотации.

10. Разработанные технологии конструирования дискретных и непрерывных имитационных моделей экономических объектов в виде ДВС реализованы в виде инструментальной системы моделирования "Economics". Система позволяет конструировать, верифицировать, исполнять и развивать имитационные модели экономических объектов в соответствии приобретаемыми опытом и знаниями.

11. С помощью созданных средств имитационного моделирования синтезирован имитационный аналог разработанной макроэкономической модели экономического роста, являющейся моделью системной динамики форрестеровского типа со сложной структурой обратных связей, обусловленных поведением экономических агентов. При формировании имитационной модели использовалась отчетная информация из официальных региональных источников.

12. Разработаны научно-методические основы ситуационного прогнозирования социально-экономического развития субъекта РФ, развивающие идеи сценарного прогнозирования и ситуационного управления. Процедура ситуационного прогнозирования представляет собой экспериментальное исследование возможных путей развития по принципу «что будет, если...» в рамках пропорций, задаваемых сценарием.

13. Разработана информационная технология индикативного планирования экономического роста на модели региона. Предложен алгоритм индикативного планирования, позволяющий по заданному индикативному плану (множеству индикаторов с установленными границами) рассчитать сценарий (управляющие воздействия субъектов региона), приводящий к желаемым значениям индикаторов социально-экономического развития.

14. Исследовано качество прогнозных расчетов. Показано, что на точность результатов прогнозирования влияют следующие факторы 1) ошибки в исходных данных; 2) грубость модели; 3) ошибки при задании сценария. В диссертации предложены подходы к ослаблению перечисленных факторов, разработаны соответствующие методы и алгоритмы.

15. Разработаны алгоритмы верификации и коррекции региональной социально-экономической информации, основанные на построении верификационных схем и балансировке образованных и использованных ресурсов региона по схеме “баланса балансов”.

16. Разработана концепция и принципы построения территориальной автоматизированной информационной системы (АИС-Регион), предназначенной для целей анализа и прогнозирования регионального экономического роста, формирования и отработки региональных управленческих решений. В процессе ситуационного прогнозирования и индикативного планирования средствами системы обеспечивается интерактивная связь с участниками процесса принятия решений и возможность корректировки принимаемых управленческих решений (сценариев) в зависимости от развития воспроизводимых ситуаций.

17. Разработанные автором экономико-математические модели, методы, алгоритмы, информационные технологии, программные средства получили широкое практическое внедрение в органах государственной власти субъектов РФ (Санкт-Петербург, Самарская, Саратовская, Томская области и др.), где применяются при создании региональных и муниципальных автоматизированных информационных систем поддержки принятия управленческих решений. Эти методы и средства также используются в учебном процессе Самарского государственного экономического университета.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы:

- межсекторные модели являются более эффективным средством моделирования регионального экономического роста, чем модели экономического роста, основанные на производственной функции, и модели, использующие межотраслевой баланс;

- деятельность сектора экономики целесообразно моделировать *обобщенной производственной функцией (ОПФ)*, работающей с двунаправленными потоками спроса и предложения материальных, капитальных, трудовых и информационных ресурсов. При этом балансовая модель экономики в целом будет представлять собой систему ОПФ секторов экономики, связанных через общие переменные логикой производственного процесса;

- устойчивый экономический рост требует вполне определенных пропорций между выпусками в секторах экономики для каждого значения темпа экономического роста. Если данные пропорции не выполняются, то в экономике неизбежно возникает дисбаланс между спросом и предложением. Последнее приводит к росту запасов

- одних товаров и дефициту других, что вызывает торможение экономического роста;
- при переходе экономики с одного темпа роста на другой необходим переходный период, в течение которого лимитирующие сектора должны изменить свой потенциал под пропорции новой траектории роста;
  - КПД экономики целесообразно оценивать коэффициентом, который показывает отношение валовой добавленной стоимости (за исключением ресурсов, необходимых для простого воспроизводства) к общей стоимости товаров и услуг, произведенных экономикой;
  - для исследования процессов ввода и выбытия основного капитала следует использовать *коэффициент капиталопередачи*. В отличие от *капиталоемкости*, характеризующей капитал, участвующий в производстве, коэффициент капиталопередачи характеризует капитал, переносимый на продукцию;
  - потенциальный прирост годового выпуска продукции за счет инвестиций в ОФ прямо пропорционален величине этих инвестиций и обратно пропорционален коэффициенту капиталопередачи для выпускаемой продукции и сроку службы вводимых ОФ. Чем дольше нормативный срок службы вводимых ОФ, тем на большее число лет растягивается перенос капитала на продукцию. То есть, инвестируя в «долгосрочные» ОФ, мы, в значительной мере, вкладываем в будущие поколения. Если мы хотим быстрой отдачи от инвестиций, то должны инвестировать в отрасли с высокой скоростью амортизации и низкой капиталопередачей;
  - устойчивый экономический рост требует существенных инвестиций. Например, для ежегодного прироста в 5% в секторе экономики с нормативным сроком службы ОФ 20 лет и их износом 50% требуется норма накопления, в два раза превышающая выбытие;
  - технический прогресс ведет к уменьшению нормативного срока службы ОФ. Это связано с тем, что технический прогресс перераспределяет трудовые ресурсы в пользу капитального сектора, в связи с чем интенсивность потребления капитала в экономике растет. Показано, что технический прогресс увеличивает активную часть ОФ (производительность) за счет уменьшения их пассивной части (срока службы);
  - модель поведения экономического агента следует разрабатывать в виде системы из двух составляющих: эндогенной модели поведения и экзогенного сценария. Эндогенную модель целесообразно искать как решение задачи индикативного планирования, когда требуется найти допустимые управленческие решения, при которых индикаторы деятельности агента имели бы значения, лежащие в желаемых коридорах. При этом агент минимизирует суммарную неудовлетворенность от непопадания индикаторов в желаемые границы;
  - задачу коррекции исходных данных для модели роста целесообразно свести к задаче индикативного планирования с «нежесткими границами», в которой индикаторами являются дисбалансы верификационных балансов, а регуляторами выступают корректируемые отчетные данные, на варьирование которых накладываются экспертные ограничения, учитывающие их правдоподобие;
  - эволюционный характер экономических систем, который наиболее ярко проявляется при моделировании экономического роста, не позволяет получать конечных аналитических выражений и требует для исследования регионального экономического роста использования методов имитационного моделирования;
  - прогнозные исследования возможностей регионального экономического роста следует проводить при рациональном сочетании методов ситуационного прогнозирования и индикативного планирования.

## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *Монографии*

1. Цыбатов, В.А. Моделирование экономического роста. - Самара: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2006. – 360 с. (22,5 печ. л.)

2. Стратегия социально-экономического развития среднего города: научное обоснование и концептуальные основы / под ред. Г.Р. Хасаева, Е.Н. Королевой.- Самара: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2006. – 308 с. (20/1,0 печ. л.)

### *Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК для докторских диссертаций*

3. Виттих, В.А. Система показателей для оценки потенциальных возможностей ИВК / В.А. Виттих, В.А. Цыбатов // Автометрия.– Новосибирск, 1983. - №4. - С. 99 – 102. (0,3 / 0,2 печ. л.)

4. Виттих, В.А. Обобщенные ресурсные модели систем «машина-человек-среда» / В.А. Виттих, В.А. Цыбатов. // Проблемы машиностроения и надежности машин. АН СССР. – 1990. -№4. – С. 5 – 13. (0,7 / 0,5 печ. л.)

5. Хасаев, Г. К применению автоматизированных средств прогнозирования регионального развития / Г. Хасаев, Л. Иванова, В. Цыбатов, Е. Поварова. // Рос. экон. журн. – 2000. -№2 . - С. 79-86. (0,6 / 0,3 печ. л.)

6. Цыбатов, В.А. Неравенство муниципальных образований: анализ и опыт преодоления в Самарской области / В.А. Цыбатов, М.А. Дубошина. // Федерализм. - 2001.- №4 - С. 155-175. (1,2 / 0,6 печ. л.)

7. Хасаев, Г.Р. Опыт разработки и прогнозирования регионального сводного финансового баланса / Г.Р. Хасаев, В.А. Цыбатов. // Вопр. статистики. - 2001. - №9. - С. 20-25. (1,2 / 0,8 печ. л.)

8. Хасаев, Г.Р. Ситуационное прогнозирование регионального развития: модели, технологии, средства / Г.Р. Хасаев, В.А. Цыбатов. // Вестн. Самар. гос. экон. акад. - 2001. - №2 (6). - С. 55-64. (0,8 / 0,6 печ. л.)

9. Цыбатов, В.А. Модели долгосрочного прогнозирования производственного потенциала региона // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. – 2002. - №5. - С. 208-214. (0,6 печ. л.)

10. Хасаев, Г.Р. Технология прогнозирования регионального развития: опыт разработки и использования / Г.Р. Хасаев, В.А. Цыбатов. // Проблемы прогнозирования. - 2002. - №3. -С. 64-82. (1,7 / 1,2 печ. л.)

11. Цыбатов, В.А. Методы и модели долгосрочного прогнозирования производственного потенциала региона // Вестн. Самар. гос. экон. акад.- 2003. - №1 (10) - С. 280-289. (0,6 печ. л.)

12. Цыбатов, В.А. Проблемы моделирования экономических систем // Вестн. Самар. гос. ун – та. - 2006. - №5, (23). (0,8 печ. л.)

### *Статьи в прочих изданиях*

13. Цыбатов, В.А. Ресурсный подход к моделированию объектов машиностроения // Автоматизация научных исследований: сб. науч. тр. / ИПФ АН СССР. – Горький, 1989. - С. 47-51. (0,3 печ. л.)

14. Цыбатов, В.А. Инструментальная система «Ресурс» для моделирования



динамических объектов // Интеллектуальные системы в машиностроении: - сб. науч. тр. / Ин-т машиноведения АН СССР. Самар. фил., - Самара, 1991. - Ч.1. - С. 42 - 48. (0,5 печ. л.)

15. Виттих, В.А. Интеллектуальная система ресурсного моделирования "Ресурс" / В.А. Виттих, В.А. Цыбатов // Искусственный интеллект – 90: материалы II Всесоюзн. конф., Т. 3 / Ин-т техн. кибернетики АН БССР. – Минск, 1990. - С. 34-38. (0,3 / 0,2 печ.л.)

16. Vittikh, V. Intelligent system "Resource" for modeling of complex dynamic objects / V. Vittikh, V. Tsybatov // BLACK SEA '90: Technical Conference on Ocean and Marine Engineering, Shipbuilding and Maritime Technology. - Varna, Bulgaria, 1990. - С. 78-85. (0,3 / 0,2 печ.л.)

17. Tsybatov, V. Design and Implementation of a Prototype Intelligent System for evolution Design of Dynamic Objects // Applications of Artificial Intelligence in Engineering VI / Editors G.Rzevski, R.A.Adey. Computational Mechanics Publications. - Southampton, UK, 1991. - P. 258-268. (0,7 печ.л.)

18. Виттих, В. Средства моделирования для анализа и прогнозирования занятости населения в регионе / В. Виттих, Д. Дубровин, А. Ларионов, В. Цыбатов // Информатика и вычислительная техника.- 1993. - № 1-2. - С. 49-54. (0,8 / 0,2 печ.л.)

19. Tsybatov, V. Supplementing of computer models in the course of simulation // Applications of Artificial Intelligence in Engineering VIII. V. 2: Applications and Techniques / Editors G.Rzevski, J.Pastor, R.A.Adey. Computational Mechanics Publications. - Southampton. - UK, 1993. - P.128-144. (1,0 печ.л.)

20. Фурсов, В.А. Методы и алгоритмы верификации статистической информации при составлении балансов / В.А. Фурсов, В.А. Цыбатов // Региональная информатика – 96: материалы V Санкт-Петерб. междунар. конф.- СПб.: СПОИСУ, 1996. - С. 136-138. (0,25 / 0,15 печ.л.)

21. Tsybatov, V. Technology of forecasting of socio economic activity of region, based on methods of balances // Applications of Artificial Intelligence in Engineering XIII. / Editors R.A.Adey, G.Rzevski, P.Nolan. Computational Mechanics Publications. - Southampton, UK, 1998. - С. 69-73. (0,4 печ. л.)

22. Цыбатов, В.А. Сравнительный анализ моделей регионального развития // Самарская область на пороге XXI века: стратегия социально-экономического развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Самара: СамВен, 1998. - С. 56-59. (0,3 печ. л.)

23. Цыбатов, В.А. Интегрированная система управления предприятием: технология управления финансово-коммерческой деятельностью // Проблемы развития предприятий: экономика, организация, менеджмент: материалы междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. – Самара: Изд-во Самар. гос. экон. акад., 2001. - С. 238-241. (0,2 печ.л.)

24. Хасаев, Г.Р. Энергобаланс как необходимый элемент обоснования стратегии долгосрочного социально-экономического развития региона / Г.Р. Хасаев, В.А. Цыбатов. // Перспективы развития регионов в условиях глобализации: экономика, менеджмент, право: материалы Междунар. науч. симпозиума. – Самара: Изд-во Самар. гос. экон. акад., 2003.– С. 132-137. (0,3 / 0,2 печ. л.)

25. Цыбатов, В.А. Модели производственного потенциала для долгосрочного прогнозирования регионального развития // Методология прогнозирования регионального развития: сб. докладов Всерос. науч.-практ. конф. - М.: СОПС, 2003. - С. 114-127. (0,8 печ. л.)

26. Цыбатов, В.А. Инвестиции и модели экономического роста // Проблемы качества экономического роста: материалы Междунар. науч. конгресса. Ч. 1. - Самара: Изд-во Самар. гос. экон. акад., 2004. - С. 7-11. (0,4 печ. л.)

27. Цыбатов, В.А. Модели роста производственного потенциала региона // Воспроизводственный потенциал региона: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Т. 1. – Уфа: РИО БашГУ, 2004. - С. 52-55. (0,2 печ. л.)

28. Уткин, В.В. Прогнозирование регионального развития с использованием инструментальных средств информационно-аналитической системы / В.В. Уткин, В.А. Цыбатов // Современное экономическое и социальное развитие – проблемы и перспективы. - СПб.: Изд-во СПб ГУЭФ, 2004.– С.124–132.(0,2 / 0,1 печ. л.)

29. Хасаев, Г.Р. Верификация региональных прогнозов / Г.Р. Хасаев, В.А. Цыбатов. // Методология прогнозирования регионального развития: сб. докладов Всерос. науч.-практ. конф. - М.: СОПС, 2004. - С. 119-137. (0,8 / 0,6 печ. л.)

30. Хасаев, Г.Р. Модели и системы прогнозирования экономического роста в регионе / Г.Р. Хасаев, В.А. Цыбатов. // Региональное развитие в России: перспективы, конкурентоспособность, политика: материалы Междунар. науч. форума. Ч.1 - Самара: Изд-во Самар. гос. экон. акад., 2005. - С. 143-151. (0,5/0,4 печ.л.)

31. Хасаев, Г.Р. Разработка моделей и методов долгосрочного прогнозирования производственного потенциала региона / Г.Р. Хасаев, В.А. Цыбатов // Фундаментальные исследования в области гуманитарных наук: Конкурс грантов 2002 года: сб. реф.избр.работ. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та, 2005. (0,5/0,3 печ.л.)

### ***Научно-методические публикации***

32. Цыбатов, В.А. Методы, модели и системы прогнозирования регионального развития: учеб. пособие / В.А. Цыбатов, Д.В. Дубровин. под ред. Г.Р.Хасаева - Самара: Изд-во Самар. гос. экон. акад., 2003. – 248 с. (15,5 / 14,0 печ.л.)

33. Голубков, А.С. Анализ характеристик и выбор параметров сложных территориально-распределенных систем обработки информации: учеб. пособие / А.С. Голубков, В.А. Виттих В.А., Н.В. Максимов, В.А. Цыбатов. - Куйбышев: Куйб. авиац. ин-т им. акад. С.П. Королева, 1984. – 168 с. (10,5 / 5,0 печ.л.)