

КРИТЕРИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ СОПОСТАВИМОСТИ В СИСТЕМНО- ДИНАМИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ

Т. П. ДАНЬКО,

доктор экономических наук, профессор кафедры маркетинга

E-mail: tpdanko@gmail.com

Е. М. ПЕТРИКОВА,

кандидат экономических наук,

старший преподаватель кафедры финансов и цен

E-mail: petrikova@mail.ru

С. М. ПЕТРИКОВА,

кандидат экономических наук,

старший преподаватель кафедры банковского дела

E-mail: spetrikova@mail.ru

Российская экономическая академия имени Г. В. Плеханова

Рассматриваются основные подходы к современной экономической теории и математической практике, используемые в имитационном моделировании экономических процессов. Экономико-математическое моделирование рассматривается в приложении к российской экономике. Показано, какие критерии международной сопоставимости используются в системно-динамическом моделировании экономических процессов в России и как они могут быть расширены для учета более сложных зависимостей и взаимодействий.

Ключевые слова: *имитационное моделирование, системная динамика, агентское моделирование, сценарный анализ, оптимизационный анализ, критерий международной сопоставимости.*

Проблемами моделирования и прогнозирования динамики экономики страны занималось не одно поколение отечественных и зарубежных экономистов. Как известно из теории экономических учений, математические методы в моделиро-

вании экономических процессов использовались с иллюстративными и исследовательскими целями еще Ф. Кенэ в 1758 г. («Экономическая таблица»), А. Смитом (классическая макроэкономическая модель), а также Д. Рикардо (модель международной торговли).

В XIX в. большой вклад в моделирование рыночной экономики внесла математическая школа в составе Л. Вальраса, О. Курно, В. Парето, Ф. Эджворт и др. В XX в. с использованием математических методов моделирования экономического развития государства связаны практически все работы, удостоенные Нобелевской премии по экономике — П. А. Самуэльсон (1970 г.), Д. Р. Хикс (1972 г.), В. В. Леонтьев (1973 г.), Р. Стоун (1984 г.), Р. М. Солоу (1987 г.) и др. Развитие микроэкономики, макроэкономики, прикладных дисциплин связано с более высоким уровнем их формализации. Основу для этого заложил прогресс в области прикладной математики — теории игр, матема-

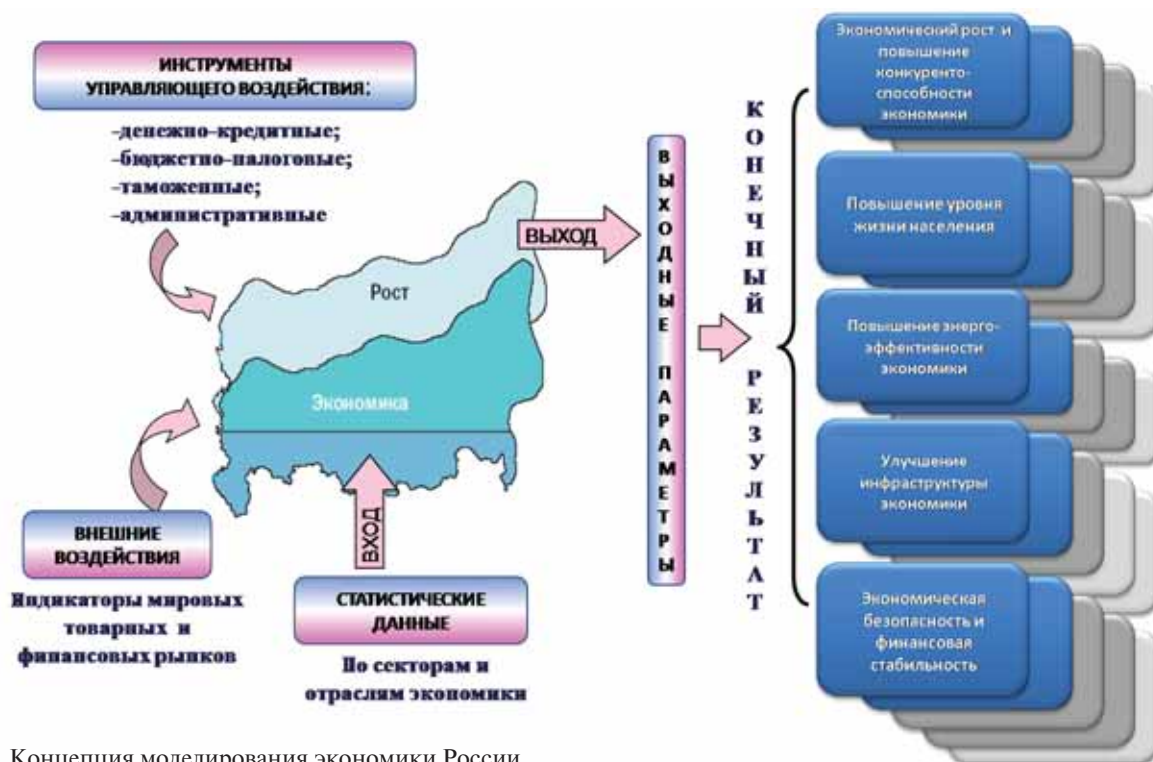


Рис. 1. Концепция моделирования экономики России

тического программирования, математической статистики.

В России в начале XX в. большой вклад в математическое моделирование экономики внесли В. К. Дмитриев и Е. Е. Слуцкий. В 1930—1950-е гг. в этой области не наблюдалось прогресса вследствие идеологических ограничений тоталитарного режима. В 1960—1980-е гг. экономико-математическое направление возродилось. Оно связано с работами В. С. Немчинова, В. В. Новожилова, лауреата Нобелевской премии Л. В. Канторовича (1975 г.), когда предпринимались попытки формально описать систему оптимального функционирования социалистической экономики (СОФЭ) — Н. П. Федоренко, С. С. Шаталин и др. Строились многоуровневые системы моделей народнохозяйственного планирования, оптимизационные модели отраслей и предприятий.

Ситуационный центр факультета повышения квалификации преподавателей вузов (далее — ФПК ПВ), созданный в РЭА им. Г. В. Плеханова в рамках приоритетного национального проекта «Образование» в 2007—2008 гг.¹, реализуя подход био-инфо-когнитивных технологий, взялся за задачу осуществить экономико-математическое моделирование, прогнозирующее динамику развития национальной экономики в зависимости от управляющих воздей-

¹ Государственный контракт от 22.10.2008 № 13/08 ПНП-ОК.

ствий со стороны государства. Идея данной модели была продиктована идеей создания лаборатории анализа кластерных инициатив² и идеей анализа экономического потенциала региона.

По задумке авторов проекта³, концепция системно-динамической модели экономики России будет представлять собой механизм, обеспеченный математическим аппаратом, входящими и выходящими статистическими данными, регулирующимися внешними и внутренними управляющими воздействиями на экономику. На выходе представленные статистические показатели (критерии) будут иметь международную межстрановую сопоставимость (рис. 1).

Авторами при построении динамической модели экономики России была рассмотрена большая совокупность моделей, и принято решение использовать экономико-математические разработки Вычислительного центра РАН (А. А. Петров,

² На базе лабораторий сетевой учебной корпорации Российской экономической академии им. Г. В. Плеханова.

³ В состав рабочей группы проекта по созданию динамической модели развития экономики России на основе сценарного и оптимизационного анализа входило 10 чел. под научным руководством д. э. н., проф., заслуженного работника высшей школы Т. П. Данько, в том числе: В. И. Бондаренко, А. Ю. Довженко, М. В. Кернаценьский, Е. С. Куценко, О. А. Корсуков, В. А. Николаенко, Е. М. Петрикова, С. М. Петрикова, В. В. Семикашев, М. А. Ходимчук.

И. Г. Поспелов, А. А. Шананин). В процессе работы экономико-математическая модель, разработанная указанными авторами в ВЦ РАН с начала 1990-х гг., была проверена и адаптирована к реальным экономическим условиям.

В процессе проведения исследования разработчики модели поставили перед собой следующие основные задачи:

1) выбор подходов к макроэкономическому моделированию экономических процессов и их сценарная корректировка в соответствии с целью проекта;

2) выбор информационно-аналитической базы для проекта; определение групп критериев международной сопоставимости экономик и отбор наиболее значимых для проекта; определение перечня внешних и внутренних управляющих воздействий.

В основу исследования был заложен анализ модели экономической политики и основных инструментов экономического развития в ряде стран (табл. 1).

На первом этапе в процессе выбора способа макроэкономического моделирования авторами были рассмотрены и изучены следующие подходы, которые могут быть представлены в следующем виде:

Таблица 1

Основные инструменты экономической политики в ряде стран

Модель	Основная характеристика модели	Результат
Англосаксонская модель (США, Великобритания)	Либеральные модели развития	<ul style="list-style-type: none"> • Макроэкономическая стабильность; • использование инструментов монетарной политики (процентные ставки, госдолг); • дешевые финансовые ресурсы для развития экономики; • большой внутренний рынок, поддержка потребителей; • появление программ развития в сфере услуг (медицина), НИОКР, военной промышленности; • поддержка собственных сельскохозяйственных и промышленных потребителей; • появление глобальных корпораций (ТНК, ТНБ); • ориентация на инновации (патенты, лицензии, ноу-хау); • либерализация энергетических рынков; • развитие критически важных отраслей (через оборонный заказ)
Страны континентальной Европы (Германия, Франция)	Социальные модели развития	<ul style="list-style-type: none"> • Появление инструментов монетарной политики (процентные ставки, госдолг); • большой внутренний рынок; • рост населения за счет миграции; • проявление элементов промышленной политики; • особое внимание — экологии; • увеличение социальной ориентации экономики; • надежная защита внутренних рынков и европейских компаний (например, от Китая и России); • активная поддержка собственных сельскохозяйственных и промышленных потребителей; • инновации — в машиностроение и опора на инженерные кадры
Шведская модель	Высокая степень перераспределения в экономике	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая степень перераспределения доходов; • большая доля государственного сектора (интересный опыт для монопрофильных городов и регионов)
Евросоюз (политика Еврокомиссии для стран ЕС)	Стремление к либерализации рынков и экономики	<ul style="list-style-type: none"> • Либерализация рынков; • надежная защита конкуренции; • стремление к перераспределению доходов между странами; • квотирование отдельных видов экономической деятельности
Японская модель	Основана на японской корпоративной этике и закрытости общества	<ul style="list-style-type: none"> • Государственное регулирование в сфере экономического развития; • инновационное развитие в японских корпорациях и «принуждение» к инновациям со стороны государства; • сильная ориентация на экспорт высококачественной продукции (в основном машиностроение и техника); • отсутствие притока мигрантов; • четкие планы развития отдельных секторов и кластеров экономики

Модель	Основная характеристика модели	Результат
Восточная Европа, Латинская Америка	Ориентация и зависимость от внешних рынков	<ul style="list-style-type: none"> • Модели роста, ориентированные на старших экономических партнеров; • «приспособленческая» макроэкономическая политика; • открытость рынков; • рост за счет развития потребления и внутренних рынков; • высокие риски модели развития; • донорство (финансовое) со стороны старших партнеров
Китайская модель	Стратегическое поэтапное развитие экономики	<ul style="list-style-type: none"> • Ориентация на внешние рынки, реализация конкурентного преимущества по использованию низкооплачиваемого человеческого труда; • эффективная политика сбережения, позволившая накопить ресурсы для инвестиций; • привлечение иностранных инвестиций и денежных средств китайских диаспор других стран; • проработанные стратегические планы развития экономики и отдельных отраслей; • заимствование передовых западных технологий; • развитие внутреннего рынка и повышение благосостояния населения; • инвестирование накопленных финансовых ресурсов в стратегические для себя зарубежные активы (например, в сырьевые компании)
Страны с развивающимися рынками	Наличие программ развития	<p>Перераспределение доходов из одного вида деятельности в другой, более конкурентоспособный:</p> <ul style="list-style-type: none"> • нефте- и газопереработка в ряде стран ОПЕК; • гостиничный бизнес и строительство — в ОАЭ; • металлургия — в Китае, Индии, Иране и Вьетнаме

1. Регрессионные модели и модели RIM (MANAMORU, QUMMIR)

Обычно в рамках данных подходов рассматриваются равновесные модели. Как известно, в моделировании рыночной экономики именно эти модели занимают особое место в силу тех обстоятельств, что они описывают такие состояния экономики, когда результирующая всех сил, стремящихся вывести ее из данного состояния, равна нулю. В нерыночной экономике неравновесие по одним параметрам (например, дефицит) компенсируется другими факторами (черный рынок, очереди и т. п.). Равновесные модели дескриптивны, описательны. В России долгое время преобладал нормативный подход в моделировании, основанный на оптимизации. Оптимизация в теории рыночной экономики присутствует в основном на микроуровне (максимизация полезности потребителем или прибыли фирмой); на макроуровне — результатом рационального выбора поведения экономическими субъектами оказывается некоторое состояние равновесия [2].

Среди современных макроэкономических моделей также следует отметить модель RIM (Russian interindustry model), построенную группой сотрудников Института народнохозяйственного прогнозирования РАН под руководством

Г. Р. Серебрякова. Модель имеет практическую направленность и предназначена для макроэкономического анализа и прогноза современной экономики России. Помимо центральной модели RIM система моделей включает региональную межотраслевую модель, годовую учебно-отладочную макроэкономическую модель MANAMORU, квартальную макроэкономическую модель российской экономики QUMMIR, ценовую модель межотраслевого баланса, отраслевые подмодели. Все перечисленные модели основаны на расширенных моделях статического межотраслевого баланса. Расширение связано с введением балансов по основным производственным фондам, учету трудоемкости, заработной платы и т. д. Математическим аппаратом этих моделей являются системы линейных уравнений и неравенств.

В рамках данного подхода используются эконометрические уравнения, расчеты по формулам и регрессионные зависимости. Однако в случае использования данных моделей при построении модели развития экономики России, существуют ограничения: *во-первых*, в равновесных моделях невозможно прогнозировать кризисные процессы, *во-вторых*, в регрессионных зависимостях невозможно учесть качественные изменения в системах, соответственно, данные модели обладают слабыми прогностическими возможностями.

2. Макроэкономические модели баланса спроса и предложения

(Е. Домар, Р. Харрод, Д. Хикс, А. Маршалл и др.)

В основе данного направления лежит идея оптимальности рыночной системы, рассматриваемая как совершенный саморегулирующийся механизм, позволяющий наилучшим образом использовать все производственные факторы не только отдельному экономическому субъекту, но и экономике в целом. В реальной экономической жизни общества это равновесие нарушается. Однако моделирование равновесия позволяет найти отклонение реальных процессов от идеала. Наиболее известны факторная модель Кобба-Дугласа, которая показывает взаимодействие и взаимозаменяемость труда и капитала, насколько продукт обязан своим созданием тому или иному фактору, при какой их комбинации может быть достигнут максимум продукции при наименьших затратах, и простая односекторная модель экономической динамики Р. Солоу (развита модель Кобба-Дугласа путем ввода других факторов роста: возраста основного капитала, масштаба производства, квалификации работников, продолжительности рабочей недели и т. д.) [5].

В советское время в нашей стране также особое внимание уделялось системе оптимального функционирования экономики и всячески подчеркивалось значение балансовых исследований и межотраслевого анализа для оценки гипотез социально-экономического развития и вариантов научно-технического прогресса, для анализа темпов и пропорций экономического роста, а также для решения иных задач макроэкономического прогнозирования. Это несравненно более сложная задача, чем однократный расчет, и ее эффективное решение возможно лишь в том случае, если оптимальную межотраслевую модель использовать как один из модулей системы оптимального индикативного планирования экономики в целом. Наиболее известными являются динамические и оптимизационные модели, разработанные в НИЭИ при Госплане СССР (Ф. Н. Клоцвог), в ИЭиОПП СО АН СССР (Н. Ф. Шатилов), в ГВЦ Госплана СССР (Б. М. Смехов, Я. М. Уринсон); модель межотраслевых взаимодействий (ИЭП НТП АН СССР, Ю. В. Яременко); модель «доход—товары» (В. Д. Белкин, В. В. Ивантер). К сожалению, непромышленная сфера, функционирующая в экономике наравне с материальным производством и вызвавшая необходимость перехода отечественной

статистики к системе национальных счетов (СНС), не была включена в данные модели, что снижает возможность их применения для динамической модели экономики.

В случае использования данных моделей при построении динамической модели развития экономики России имеется максимально обобщенная постановка задачи, что существенно ограничивает их применение в имитационном моделировании. Однако именно данные макроэкономические модели, по мнению разработчиков, позволят верифицировать изменения основных показателей в модели.

3. Макроэкономические модели на ориентированных графах

Применение аппарата теории графов позволяет использовать графы для моделирования динамичности современных экономических процессов. В рамках графических моделей обычно рассматриваются качественные зависимости между социально-экономическими объектами в терминах «увеличение показателя «А», уменьшает показатель «В». Далее к построенному графику применяются различные операторы для получения качественной динамики всей системы, т. е. определяется направленность отношений между социально-экономическими объектами.

Применение данного подхода в имитационном моделировании ограничивается динамикой равновесных моделей в пределах одного шага, а также тем, что данные модели принципиально не работают с непрерывными числовыми данными. В то же время данные по моделям могут быть использованы для построения когнитивного (причинно-следственного) каркаса модели.

4. Системно-динамическое моделирование

Системная динамика представляет собой совокупность принципов и методов анализа динамических управляемых систем с обратной связью, задержками, нелинейными зависимостями и их применения для решения социально-экономических, производственных и управленческих задач. «Системная динамика — это подход имитационного моделирования, своими методами и инструментами позволяющий понять структуру и динамику сложных систем, использующийся для создания точных компьютерных моделей сложных систем для дальнейшего использования с целью проектирования более эффективной организации и политики взаимоотно-

шений с данной системой. Вместе эти инструменты позволяют нам создавать микромиры-симуляторы, где пространство и время могут быть сжаты и замедлены так, чтобы мы могли изучить последствия наших решений, быстро освоить методы и понять структуру сложных систем, спроектировать тактики и стратегии для большего успеха» [3].

В системно-динамическом моделировании используется представление социально-экономических процессов в виде потоков, а состояние социально-экономических объектов – в виде уровней (интеграторов). Математический аппарат в системной динамике – теория систем обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. При использовании данного подхода существует сложность определения мультипликативных множителей, которые, как правило, могут быть заменены статистическими данными или экспертными оценками.

5. Агентское моделирование

Агентское моделирование позволяет исследовать поведение децентрализованных агентов и то, как это поведение определяет поведение всей системы в целом. При разработке агентной модели инженер вводит параметры агентов (это могут быть

люди, компании, активы, проекты, транспортные средства, города, животные и т.д.), определяет их поведение, помещает их в некую окружающую среду, устанавливает возможные связи, после чего запускает моделирование. Индивидуальное поведение каждого агента образует глобальное поведение моделируемой системы.

Для рассмотрения преимуществ каждого из рассмотренных макроэкономических подходов и выбора наиболее подходящего способа динамического моделирования были выделены критерии, систематизированные в матрицу возможностей (рис. 2.).

Критерии анализа, используемые при выборе подхода к макроэкономическому моделированию, следующие:

- временной горизонт моделирования (кратко- и долгосрочный);
- вероятность слома тенденций развития моделируемой системы (низкая и высокая);
- постановка цели и определение задач (стратегическая и тактическая);
- степень воздействия на моделируемую систему субъекта управления — заказчика, пользователя (высокая, низкая);
- прогностическая способность модели (адекватность моделируемой системе и поставленной цели).



Рис. 2. Матрица возможностей моделирования экономики страны

Анализ подходов к макроэкономическому моделированию во временном горизонте показывает, что для достижения поставленной цели необходим долгосрочный временной горизонт. Также высока вероятность слома тенденций развития моделируемой системы, в соответствии с которой применима системная динамика и агентский подход. Однако при аналогичном анализе сквозь призму стратегических целей и степени воздействия на моделируемую систему субъектом управления наиболее приемлемыми для построения динамической модели остаются уже упомянутая системная динамика и моделирование на ориентированных графах. При анализе подходов в соответствии с пятым критерием — прогностическая способность модели — именно системная динамика обеспечивает применение как формальных, так и экспертных методов, в отличие от агентного подхода, обеспечивающего преимущественно использование экспертных оценок. Таким образом, после тщательного анализа в качестве основного подхода была выбрана методология системно-динамического моделирования.

Далее вся работа по макроэкономическому анализу системы сводится к нескольким последовательным шагам. Сначала делается качественный анализ — составляется когнитивная карта — в модели на качественном уровне определяются причинно-следственные связи между объектами. Для когнитивной карты модели были рассмотрены производственные и финансовые взаимосвязи важнейших секторов российской экономики по методо-

логии СНС: нефинансовый и финансовый секторы, сектор домашних хозяйств, сектор государственного управления и сектор «остальной мир» (рис. 3).

Государственный сектор экономики осуществляет сбор налогов и оплату трансфертов таким образом, чтобы располагать достаточными финансовыми ресурсами для финансирования государственных расходов ($H - T - PГ$). В случае превышения расходов бюджета над доходами ($H > T + PГ$) дефицит может быть компенсирован за счет заимствований у негосударственного сектора экономики ($H + (C - BH) = T + PГ$) или сектора «остальной мир» ($H + (И - Э) = T + PГ$).

Негосударственный сектор, включающий домашние хозяйства, нефинансовый сектор экономики, использует свои финансовые ресурсы на инвестиции путем накопления сбережений ($C > BH$) или заимствований ($C < BH$) у других секторов экономики (государственный и «остальной мир»). «Остальной мир» формирует приток или отток ресурсов как разницу между импортом и экспортом товаров, работ, услуг, трансфертов и капитала.

С помощью данной когнитивной карты модели можно выявлять и проанализировать возможные направления развития тех или иных процессов в экономике еще на этапе планирования, до того, как те или иные внешние или внутренние управляющие воздействия будут использованы, а управленческие решения претворены в жизнь. Необходимо отметить, что данные межсекторные взаимосвязи не являются совершенным и полным представлением обо всех макроэкономических процессах в экономике,

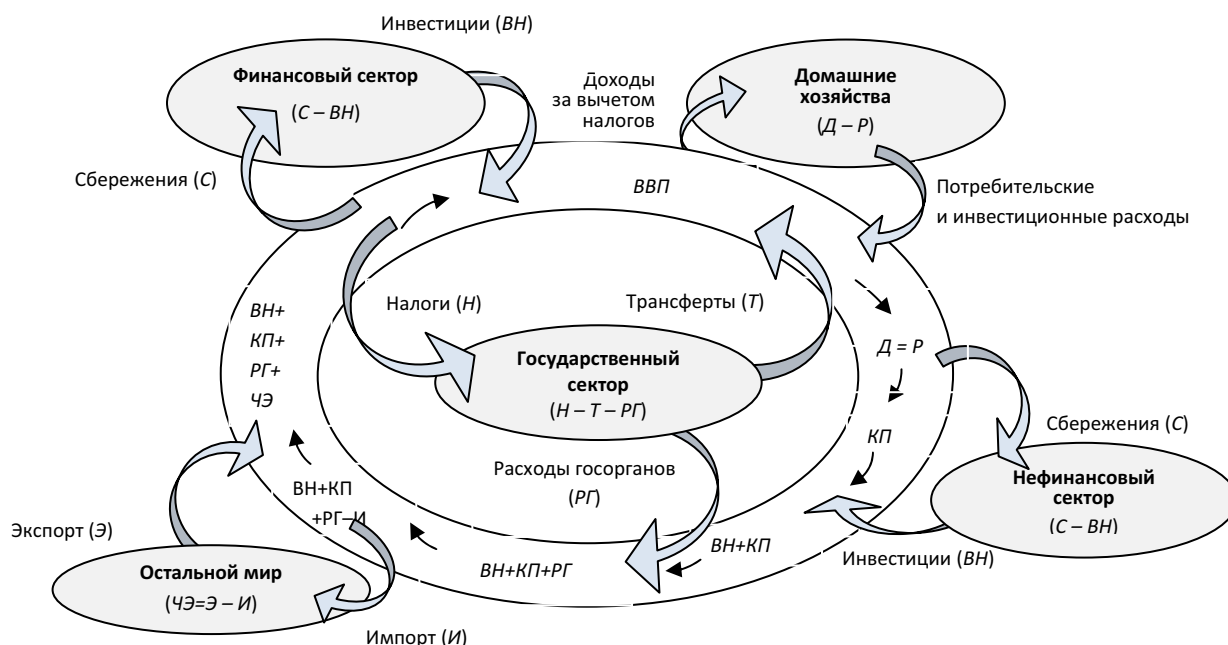


Рис. 3. Межсекторные взаимосвязи в макроэкономике [4]

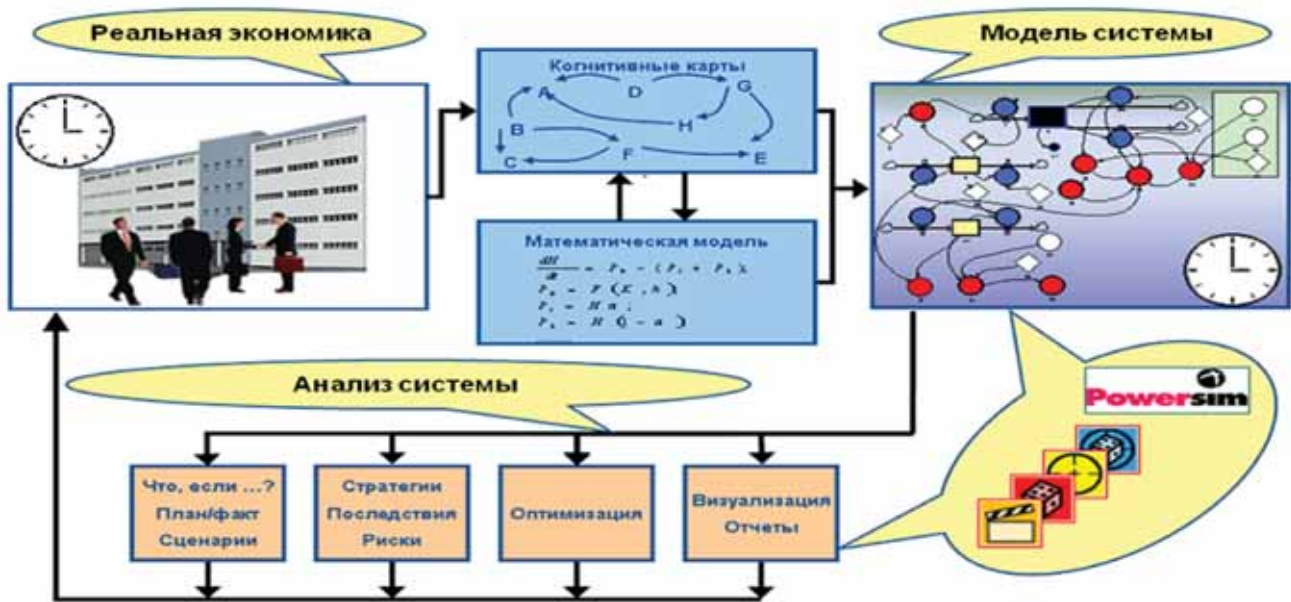


Рис. 4. Методология системно-динамического моделирования

но именно данный механизм позволяет визуально раскрыть поступления ресурсов и направления их использования в воспроизводственном процессе.

После установления причинно-следственных взаимосвязей между объектами определяются количественные зависимости между ними на основе различных источников информации: математические модели, экспертный опыт, официальные, теоретические и практические публикации, статистические данные и т. д. При использовании теории системной динамики экономика описывается в виде математической модели, в которой все бизнес-задачи и бизнес-процессы представляются как система взаимосвязанных исчисляемых показателей. Система исчисляемых показателей решается численными методами. Решение, представляемое графиками и таблицами, подвергается анализу. После дополнений и оптимизации модели делаются рекомендации к управленческим решениям. Данная схема реализуется с помощью программной платформы для создания системно-динамических моделей «PowerSim Studio 8», в которой показатели заводятся в модель и реализуются методами визуального программирования (рис. 4).

Данный инструмент относится к классу визуальных средств структурного моделирования, функционально обеспечивает и позволяет полностью учесть сложность и многозначность:

- механизмов сценарного анализа, т. е. оперативного сравнения различных наработанных вариантов в полном объеме расчетов;

- механизмов сравнительного анализа чувствительности решения к изменению различных параметров;
- оптимизационного механизма с помощью постановки и решения многопараметрической, многокритериальной и динамической оптимизационной задачи;
- возможности работы с неопределенными и случайными данными, а также возможности учета неполноты и вероятностного характера данных;
- возможности доработки модели (ввода новых данных, новых вводных или выходных параметров, новых связей и зависимостей).

Внешние и внутренние управляющие воздействия на экономику в модели представлены набором наиболее актуальных инструментов воздействия на национальную экономику. Внешние управляющие воздействия на экономику осуществляются через индикаторы мировых товарных и финансовых рынков (табл. 2).

Внутренние управляющие воздействия на экономику осуществляются посредством: денежно-кредитной, бюджетно-налоговой, таможенной и административной политик. Данный перечень не является исчерпывающим и постоянно может быть скорректирован в зависимости от принимаемых управленческих решений.

Для того чтобы динамическая модель экономики России позволила своевременно оценивать влияние внешних воздействий на национальную экономику, оперативно реагировать на них и осу-

Таблица 2

Индикаторы мировых товарных и финансовых рынков

Рынок	Индикаторы внешних воздействий	Отражение в государственной макроэкономической отчетности
<i>Товарный</i>		
Нефтяной	Цены на нефть Urals (мировые), долл. /барр.	Экспорт нефти, млн т
	Добыча нефти и нефтепродуктов, млн т.	Экспорт нефтепродуктов, млн т
Газовый	Цены на газ, долл. /тыс. м ³	Экспорт природного газа, млрд м ³
	Добыча газа, млрд м ³	
Стали	Производство стали, млн т	Экспорт стали и сталелитейной продукции, млн т
Золота	Цены на золото, долл. /унция	Экспорт золота, млн т
	Добыча золота, млн т	
Продукции машиностроения	Цены на продукцию машиностроения, долл. /ед.	Экспорт/импорт машин, оборудования и транспортных средств, млрд долл.
Сельскохозяйственной продукции	Цены на сельскохозяйственную продукцию, долл. /млн т	Экспорт/импорт сельскохозяйственной продукции, млрд долл.
Электроэнергии	Цены на электроэнергию, долл. /кВт	Экспорт/импорт электроэнергии, млрд долл.
	Производство электроэнергии, кВт	
Услуг	Грузовые перевозки, млрд долл.	Экспорт/импорт услуг, млрд долл.
	Пассажирские перевозки, млрд долл.	
	Услуги связи, млрд долл.	
	Строительные услуги, млрд долл.	
	Компьютерные и информационные услуги, млрд долл.	
	Роялти и лицензионные платежи, млрд долл.	
	Прочие деловые услуги, млрд долл.	
	Услуги в сфере культуры и отдыха, млрд долл.	
Государственные услуги, млрд долл.		
<i>Финансовый</i>		
Валютный	Курс евро (среднегодовой), долларов США за евро	Пересчет по валютным курсам
Кредитный	Ссуды и займы, млрд долл.	Экспорт/импорт долгосрочного капитала, млрд долл.
Фондовый	Ценные бумаги, млрд долл.	Экспорт/импорт краткосрочного капитала, млрд долл.
Страховой	Страховые услуги, млрд долл.	Экспорт/импорт страховых услуг, млрд долл.
Инвестиционный	Прямые инвестиции (ПИИ), млрд долл.	Экспорт/импорт ПИИ, млрд долл.
	Портфельные инвестиции, (ПОИ) млрд долл.	Экспорт/импорт ПОИ, млрд долл.
	Финансовые услуги, млрд долл.	Экспорт/импорт финансовых услуг, млрд долл.

ществлять оперативный контроль и корректировку управляющих воздействий со стороны регулирующих органов, были отобраны критерии международного сопоставления экономик и выработан перечень управляющих воздействий. Задача модели требовала отработки системы индикаторов, сопоставимых с индикаторами международных оценок и межстранового сопоставления.

Среди критериев были выделены следующие группы показателей: по инновационности и конкурентоспособности экономики; производительности труда и уровню жизни населения; энергоэффективности и экологии; по инфраструктуре; финансовому и внешнеэкономическому секторам экономики.

Сводные выходные показатели (критерии) международной сопоставимости в системно-ди-

намическом моделировании экономики России представлены в табл. 3.

Вектор раскрытия этих групп накладывал еще одно ограничение — желание через экономические показатели прописать политические вектора. Для этого была составлена базовая матрица взаимовлияния экономических индикаторов и политических интересов. Наполнение этих матриц привело группу к необходимости экспертной оценки и взвешивания сопоставимых критериев и учету сопоставимой информации. Наибольшую помощь в этом вопросе оказали институционалисты, которые внесли существенные добавления в моделирование матрицы:

1) повышение уровня и качества жизни населения (занятости и производительности труда, индекса развития человеческого потенциала,

Таблица 3

Сводные выходные показатели динамической модели развития экономики

Путь развития	Расчет	Единица измерения, показатель	Международная сопоставимость	Источник данных
Частные расходы на НИОКР	Все расходы на НИОКР в частном секторе (согласно методологии ОЭСР – Frascati Manual) / ВВП в текущих ценах	%	По методологии MERIT	Main Science and Technology Indicators; World Bank (World Development Indicators); MERIT
Экспорт высокотехнологичной продукции	Объем высокотехнологичного экспорта в текущих ценах ¹ / Объем национального экспорта в текущих ценах	%	OECD STI Working Paper 1997/2 for the SITC Revision 3 codes)	World Bank (World Development Indicators)
Доля капитальных затрат во внутренних затратах на исследования и разработки по видам затрат	Капитальные затраты / внутренние затраты на исследования и разработки по видам затрат	%	По методологии MERIT	Main Science and Technology Indicators; World Bank (World Development Indicators); MERIT
Государственные расходы на НИОКР	Общественные (государственные) расходы на НИОКР ² / ВВП в текущих ценах	%	По методологии MERIT	Main Science and Technology Indicators; World Bank (World Development Indicators); MERIT
Численность исследователей на миллион населения	Численность исследователей (людей, вовлеченных в инновационную активность) / численность населения в миллионах	Чел.	Международная сопоставимость	World Bank (World Development Indicators)
Количество выпускников в научной и технической сфере	Количество выпускников в научной и технической сфере / общее количество выпускников вузов	%	Международная сопоставимость	UNESCO
Численность рабочей силы с законченным образованием	Численность рабочей силы с законченным высшим образованием / численность рабочей силы (население в рабочем возрасте, работающее и безработное)	%	Международная сопоставимость	World Bank (World Development Indicators)
Производительность труда				
ВВП на душу населения	ВВП/количество населения (трудовой час)	Денежная ед.	OECD Productivity Database	OECD Compendium of Productivity Indicators
Соотношение выпуска и затрат	Общая производительность = количество единиц выпуска/количество единиц затрат; Производительность = индекс выпуска за трудовой час/индекс затрат за трудовой час; Общая производительность = количество и качество выпуска/количество и качество затрат;	Технические и инженерные показатели производительности труда	OECD Productivity Database	OECD Compendium of Productivity Indicators

¹ Под высокотехнологичными отраслями понимаются: аэрокосмическая, компьютерная (включая офисное оборудование), электронно-телекоммуникационная, фармацевтическая, производство научных инструментов (scientific instruments), электрическое машиностроение (оборудование), химическая, неэлектрическое машиностроение производство вооружения.

² Государственные расходы на НИОКР = совокупные расходы — частные = государственные расходы + расходы вузов + расходы частных некоммерческих организаций.

Продолжение табл. 3

Путь развития	Расчет	Единица измерения, показатель	Международная сопоставимость	Источник данных
Мультифакторная производительность [Multi-factor productivity (MFP)]	<p>Выпуск = ВВП в текущих ценах; изменение за год измеряется как логарифмические разницы</p> $\ln \left(\frac{MFP_t}{MFP_{t-1}} \right) = \ln \left(\frac{Q_t}{Q_{t-1}} \right) - \ln \left(\frac{X_t}{X_{t-1}} \right)$ <p>Общие затраты = средневзвешенная труда и капитала</p> $\ln \left(\frac{X_t}{X_{t-1}} \right) = \frac{1}{2} (s_t^L + s_{t-1}^L) \ln \left(\frac{L_t}{L_{t-1}} \right) + \frac{1}{2} (s_t^S + s_{t-1}^S) \ln \left(\frac{S_t}{S_{t-1}} \right)$	<p>Раскрывает вклад организационных и технических инноваций в ВВП</p>	<p>OECD Productivity Database</p>	<p>OECD Compendium of Productivity Indicators</p>
Уровень жизни населения				
Индекс развития человеческого потенциала (human development index (HDI)), складывается из:	$ИРЧП = \frac{(I_{\text{оэк}} + I_6 + I_{\text{впл}})}{3}$ <p>В зависимости от значения ИРЧП страны принято классифицировать по уровню развития</p>	<p>Высокий (0,8–1), средний (0,5–0,8) и низкий (0–0,5)</p>	<p>Используется ООН с 1993 г. в отчете по развитию человеческого потенциала. В Америке этими расчетами занимается Колумбийский университет</p>	<p>Информация ООН: http://hdr.undp.org/en/statistics/indices/hdi/ American Human Development Report: http://sup.columbia.edu/</p>
Индекса ожидаемой продолжительности жизни $I_{\text{оэк}}$	$I_{\text{оэк}} = \frac{(X_i - X_{\text{min}})}{(X_{\text{max}} - X_{\text{min}})}$	<p>Ожидаемая продолжительность жизни при рождении</p>		
Индекса уровня образования $I_{\text{об}}$	$I_{\text{об}} = (I_{\text{тр}} \frac{2}{3} + I_{\text{учаш}} \frac{1}{3})$ $I_{\text{тр}} = \frac{(X_i - X_{\text{min}})}{(X_{\text{max}} - X_{\text{min}})}$ — индекс грамотности; $I_{\text{учаш}} = \frac{(X_i - X_{\text{min}})}{(X_{\text{max}} - X_{\text{min}})}$ — индекс доли учащихся;	<p>Уровень образования, определяемый уровнем грамотности взрослого населения (доля грамотных в возрасте 15 лет и старше), которому придается вес 2/3, и обобщающим показателем образовательного уровня (совокупной доле учащихся) — 1/3. Последний показатель рассчитывается как отношение общего числа учащихся (зачисленных на всех ступенях обучения (начальной, средней (средней специальной) высшей, послеевропейской) вне зависимости от их возраста к общей численности населения в возрасте от 6 до 24 лет</p>		
Индекса ВВП $I_{\text{впл}}$	$I_{\text{впл}} = \frac{(\log X_i - \log X_{\text{min}})}{(\log X_{\text{max}} - \log X_{\text{min}})}$	<p>ВВП на душу населения (по ППС) в долларах США</p>		

Продолжение табл. 3

Путь развития	Расчет	Единица измерения, показатель	Международная сопоставимость	Источник данных
Индекс уровня бедности (нищеты) населения для развивающихся стран [Human Poverty Index (HPI ₁)]	$HPI_1 = \left[\frac{1}{3} (P_1^\alpha + P_2^\alpha + P_3^\alpha) \right]^\frac{1}{\alpha};$ P_1^α — вероятность рождения и дожития до 60 лет (%); P_2^α — уровень грамотности населения, %; P_3^α — невзвешенное среднее количество населения, не имеющее возможности пользоваться водой, и детей, имеющих вес ниже среднего для своего возраста, %	Индекс на базе процентов	Используется ООН	URL: http://hdr.undp.org/en/statistics/indices/hpi/
Индекс уровня бедности (нищеты) населения для развитых стран (Human Poverty Index (HPI ₂))	$HPI_2 = \left[\frac{1}{4} (P_1^\alpha + P_2^\alpha + P_3^\alpha + P_4^\alpha) \right]^\frac{1}{\alpha}$ P_3^α — количество населения, имеющее доход ниже черты бедности (50% от средне-скорректированного дохода д/х), %; P_4^α — уровень долгосрочной безработицы (длжащаяся 12 месяцев и более), %;	Индекс на базе процентов	С 1997 г. используется ОЭСР	URL: www.oecd.org/std/labour
Индекс развития с учетом гендерного фактора (Gender-related Development Index, GDI) складывается из:	$GDI = \frac{(I_{EDLEI} + I_E + I_I)}{3}$	Интегрированный индекс	Используется ООН	http://hdrstats.undp.org/indicators/268.html
Равномерности распределения индекса продолжительности жизни	$\left(\frac{\text{female share of population}}{\text{female-index}} + \frac{\text{male share of population}}{\text{male-index}} \right)^{-1}$			
Индекса продолжительности жизни женщин	$\frac{\text{female life expectancy} - 27.5}{87.5 - 27.5}$			
Индекса продолжительности жизни мужчин	$\frac{\text{male life expectancy} - 22.5}{82.5 - 22.5}$			
Индексов уровня образования мужчин и женщин	$\frac{2 \text{ adult literacy rate of gender}}{3} + \frac{1 \text{ gross enrollment rate of gender}}{3}$			
Индекса уровня дохода мужчин и женщин	$\frac{\log(\text{earned income of gender}) - \log(100)}{\log(40,000) - \log(100)}$			

Статистически доказано, что женщины живут на 5 лет дольше мужчин. Средний уровень индекса был установлен на уровне 85 лет.

Окончание табл. 3

Путь развития	Расчет	Единица измерения, показатель	Международная сопоставимость	Источник данных
<i>Энергоэффективность экономики</i>				
Энергоемкость ВВП	ВВП (ппс) / затраты энергии и топлива в экономике	Руб. / т. у. т (тонна условного топлива)	Сопоставим	РФ: ТЭБ (топливно-энергетический баланс); зарубежный: МЭА, ОЭСР, ВБ, ЦРУ
Электроемкость ВВП	ВВП (ппс) / затраты электроэнергии в экономике	Руб. / кВт·ч	Сопоставим	РФ: ТЭБ (топливно-энергетический баланс); зарубежный: МЭА, ОЭСР, ВБ, ЦРУ
Эффективность производства электроэнергии на тепловых электростанциях	$(P + H s) / I$; где P — производство электроэнергии; H — производство тепла на ТЭЦ; s — коэффициент 0,15—0,2; I — расход топлива;	кВт. ч/т. у. т	В РФ сейчас не считается, но данные для расчета доступны. Показатель используется МЭА	РФ: ТЭБ (топливно-энергетический баланс); зарубежный: МЭА
Требования к теплозащите зданий	Удельный расход тепла на м ² площади	Т. у. т/м ²	Сопоставим с небольшими отговорками	РФ: СНиП здания; зарубежный: МЭА
<i>Уровень развития инфраструктуры</i>				
Количество автомобильных и железных дорог на плотность населения	Протяженность железных и автомобильных дорог / плотность населения	км/чел.	Сопоставим	Всемирный банк
Стоимость затрат на 1 км. построенной инфраструктуры	Затраты на строительство дорог / Протяженность построенных дорог	руб. / км	Сопоставим	Всемирный банк
Приrost ВВП за счет инфраструктурных проектов ГЧП	Рост ВВП от реализации затрат на строительство инфраструктуры / ВВП	%	Носит расчетный характер	МЭР России
Стоимость проезда по платной дороге	Стоимость проезда по платной дороге / Протяженность дороги	руб. / км	Сопоставим	Национальные министерства транспорта
<i>Показатель финансовой стабильности</i>				
Уровень налоговой нагрузки	Доходы бюджета / ВВП	%	Доля доходов в ВВП = 51,3% РФ (2009 г.) доля доходов ВВП = 35% по сравнению с 1990 г.	РФ: www.gsk. ru; зарубежный: МВФ
Степень государственного вмешательства в экономику	Расходы бюджета / ВВП	%	Доля расходов в ВВП = 51,3% РФ (2007 г.) доля расходов в ВВП = 31% (по сравнению с 1990 г.)	РФ: www.gsk. ru; зарубежный: МВФ
Объем резервов	Резервы / ВВП	%	Доля Резервного фонда = 10% ВВП (2008)	Национальные министерства финансов

дифференциация налоговой политики, снижение уровня безработицы, др.);

2) перенос политических акцентов на системные преобразования в инфраструктурных отраслях экономики (энергетика, транспорт, связь, образование, здравоохранение);

3) приоритетное управление системными инновациями и технологиями;

4) политика поддержки слабозащищенных слоев общества (сценарное изменение векторов формирования денежных потоков);

5) разработка необходимых нормативно-правовых актов, обеспечивающих реализацию политических векторов.

Выделение матриц позволило переструктурировать и доуточнить определение базовых оптимизаторов проекта. Основными преимуществами критериев являются:

1) международная сопоставимость;

2) процедура выхода из кризиса стран в прошлые периоды;

3) имеют формат высокой вариативности и принципа фрактального развития⁴, что дает основание группе в ряду отработки концепции проекта использовать биоэкономическое основание в моделировании данного проекта.

Необходимо обратить внимание на то, что группа не ставила перед собой задачу подменить собой прогнозы отраслевых министерств, задача группы была найти такое проектное решение, которое позволяло рефлексивно отслеживать прогрессивное развитие экономики, используя политический интерес партий. В этом видится оригинальность и неоднозначность подходов, реализуемых в ней.

Первые этапы концептуального проигрывания проекта позволили установить, что первый, второй и третий политические векторы объективно и комфортно отражаются в экспертной оценке прогнозно-аналитического подхода проекта и являются взаимодополняющими и взаимосвязанными. Что касается четвертого и пятого векторов — однозначности здесь нет, однако с позиции теории целостности мы считали возможным и необходимым включить эти критерии, поскольку восприятие проекта будет не только целостным, но и структурно более системным.

Напомним, что система (*греч.* — «systema») означает целое, составленное из частей, или со-

⁴ Фрактал (*лат.* fractus — дробленный) — это бесконечно самоподобная геометрическая фигура, каждый фрагмент которой повторяется при уменьшении масштаба. Масштабная инвариантность, наблюдаемая во фракталах, может быть либо точной, либо приближенной. Источник: URL: <http://wikipedia.org/wiki>.

единение множества элементов, находящихся в определенных отношениях и связях друг с другом и образующих определенную целостность, единство [1]. Ключевым свойством систем является целостность. Совокупность объектов, объединенных в систему, представляет собой некоторое единство, целостность, обладающую общими свойствами и поведением. Целостность в отличие от отдельных составляющих ее элементов обладает новыми интегративными качествами, которые являются результатом взаимодействия системы с окружающей (внешней) средой.

Таким образом, системно-динамическая модель, хотя и не является совершенно точным представлением реальности, но может быть использована для принятия более обоснованных решений. Особенно эффективно применение системно-динамических моделей в условиях неопределенности, когда применение традиционных оптимизационных моделей крайне затруднительно ввиду их большой размерности. Проект находится на реализации первой стадии концептуального решения.

В своей дальнейшей работе группа разработчиков в рамках моделирования экономики развития России предполагает два основных вектора:

1) детально проверить и адаптировать математическую модель ВЦ РАН РФ к реальным экономическим условиям в среде «PowerSim Studio 8» на основе методологии СНС с учетом обновленной статистики и научных результатов работы Нобелевского лауреата 2008 г. П. Кругмана;

2) доуточнить параметры модели на основе сведенных воедино прогнозов министерств и построения регрессионных зависимостей, используя обновленную статистику, современные математически обоснованные и эффективные методы оптимизации, заложенные в программе «PowerSim Studio 8».

Список литературы

1. Большой энциклопедический словарь. М.: Большая российская энциклопедия; СПб.: Норинт, 1998.

2. Петрикова Е. М. Методология макрофинансового анализа на основе взаимосвязи показателей платежного баланса и национального счетоводства с денежными и бюджетными счетами. // Финансы и Кредит, 2009, № 38 (374).

3. Штерман Джон. Бизнес-процессы: системное мышление и моделирование сложного мира.

4. Krugman P. Geography and trade, MIT Press. Cambridge, MA. 2000.

5. Krugman P., M. Obstfeld. International Economics: theory and policy, 8-th edition, Pearson. Ch 6—7, 2009.