

DOI: 10.37791/2687-0657-2025-19-6-5-23

# Конкуренция и коллаборация в мире компьютерно-математических моделей ЭКОНОМИКИ

Г.Б. Клейнер<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, Москва, Россия

<sup>2</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия

<sup>3</sup>Государственный университет управления, Москва, Россия

\*george.kleiner@inbox.ru

**Аннотация.** Концепции конкуренции и коллаборации (кооперации) агентов, являющиеся центральными характеристиками экономики как в теории, так и на практике, применяются в статье для анализа взаимоотношений между компьютерно-математическими моделями. Подобно тому, как конкуренция и кооперация служат структурообразующими факторами в процессах взаимодействия экономических систем, конкуренция и кооперация моделей структурируют пространство моделей и определяют возможности и методы их комплексирования. Доминирование конкурентных отношений между равноуровневыми и иерархически зависимыми экономическими системами провоцируют риски дезорганизации экономики, создают предпосылки ее неустойчивости. Доминирование кооперационных отношений, в свою очередь, может приводить к снижению уровня инновационности экономики, торможению научно-технического прогресса. Соответствие между множеством типов экономических систем, представленным объектными, процессными, проектными и средовыми системами, и множеством классов наиболее распространенных компьютерно-математических моделей, представленным агентно-ориентированными, эконометрическими, когнитивными и равновесными моделями, позволяет подойти к построению единой теории конкурентно-кооперационных взаимоотношений. На этой основе в статье предлагается метод построения комплексных моделей экономических систем. В такой модели соединяются агентно-ориентированная, эконометрическая, когнитивная и равновесная модели, с разных сторон описывающие функционирование целостной экономической системы. Приводится последовательность этапов моделирования, конкретизирующая концепцию построения моделей, известную как концепция доказательного моделирования. Показывается, что острые конкурентные взаимоотношения между агентными и эконометрическими моделями данной экономической системы могут быть гармонизированы за счет включения этих моделей в тетраду – комплекс из моделей четырех классов, в котором взаимодействие моделей осуществляется по кольцевой схеме «агентно-ориентированная модель – равновесная модель – эконометрическая модель – когнитивная модель». Предложенный метод может быть использован при решении практических вопросов построения комплексных моделей экономических систем.

**Ключевые слова:** конкуренция, коллаборация, кооперация, экономические системы, объектные системы, процессные системы, проектные системы, средовые системы, тетрада, агентно-ориентированные модели, эконометрические модели, когнитивные модели, равновесные модели

**Для цитирования:** Клейнер Г.Б. Конкуренция и коллаборация в мире компьютерно-математических моделей экономики // Современная конкуренция. 2025. Т. 19. №6. С. 5–23. DOI: 10.37791/2687-0657-2025-19-6-5-23.

Статья доступна на условиях простой (неисключительной) лицензии, которая является безвозмездной, предоставляется на срок действия исключительного права и действует по всему миру. Данная лицензия предоставляет любому лицу право копировать и распространять материал на любом носителе и в любом формате и создавать производные материалы, видоизменять и преобразовывать материал при условии указания авторов, названия статьи, журнала, его года и номера (в том числе посредством указания DOI).

© Клейнер Г. Б.,  
2025.

# Competition and Collaboration in the World of Computer-Mathematical Economic Models

G. Kleiner<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

<sup>3</sup>State University of Management, Moscow, Russia

\*[george.kleiner@inbox.ru](mailto:george.kleiner@inbox.ru)

**Abstract.** The concepts of competition and collaboration between agents as central characteristics of the economy in both theory and practice, have been applied in this article in order to analyze the relations between computer-mathematical models. Just as competition and cooperation serve as structure-forming characteristics in the interactions between economic systems, competition and collaboration of models structure the model space and determine possibilities and methods for their integration. The dominance of competitive relations between equal-level and hierarchically dependent economic systems provokes the risk of economic disorganization and creates the preconditions for its instability. The dominance of cooperative relationships, in turn, can lead to a decrease in the level of innovation in the economy and a slowdown in scientific and technological progress. The correspondence between the multitude of economic system types represented by object, process, project, and environmental systems, and the multitude of classes of the most common computer-mathematical models represented by agent-based, econometric, cognitive, and equilibrium models, enables the development of a unified theory of competitive and cooperative relationships. On this basis, the method for constructing complex models of economic systems has been proposed in this paper. Such a model combines agent-based, econometric, cognitive, and equilibrium models, describing the functioning of an integrated economic system from different perspectives. A sequence of modeling stages has been presented. It concretizes the concept of model construction, known as the concept of evidence-based modeling. It has been shown that the intense competitive relationships between agent-based and econometric models of a given economic system can be harmonized by incorporating these models into a tetrad – a complex of models from four classes, in which the interaction of the models occurs according to the ring scheme "agent-based model – equilibrium model – econometric model – cognitive model". The proposed method can be used while solving practical issues of constructing complex models of economic systems.

**Keywords:** competition, collaboration, cooperation, economic systems, object systems, process systems, project systems, environmental systems, tetrad, agent-based models, econometric models, cognitive models, equilibrium models

**For citation:** Kleiner, G. (2025). Competition and Collaboration in the World of Computer-Mathematical Economic Models. *Journal of Modern Competition*, 19(6), 5–23. <https://doi.org/10.37791/2687-0657-2025-19-6-5-23>

## Введение

Применение математического аппарата и компьютерных систем в развитии экономической теории и совершенствовании хозяйственной практики опирается на понятие модели. Модели становятся неотъемлемым элементом экономических исследований и разработок. Мир компьютерно-математических моделей экономики весьма обширен и разнообразен. Каждая модель представляет собой сложный комплекс, включающий математические конструкции (переменные, константы, уравнения, неравенства, множества с отношениями и т. п.), способы идентификации и интерпретации переменных, цели построения и области применения модели. В данной ситуации само понятие модели утратило определенность, и под моделью в литературе понимается иногда математическая конструкция или компьютерная программа, иногда весь комплекс действий, связанных с построением модели, иногда характеристика целевого состояния объекта моделирования. В целом каждая модель может быть охарактеризована с помощью указания ее связей с аппаратной, предметной и целевой сферами. Обоснованность этих связей для конкретной модели определяет в конечном счете качество, точность и эффективность модели.

В современной литературе, посвященной методам построения и применения компьютерно-математических моделей экономики, процессам отбора и верификации моделей, уделяется недостаточное внимание. Многие авторы на большой скорости проскакивают этап собственно моделирования, концентрируясь на результатах применения модели в прогнозно-аналитических расчетах. Часто авторы не предлагают в своих публикациях корректного обоснования тех или иных проектных решений, принимаемых ими в процессе построения и интерпретации моделей, что приводит не только к снижению качества самих моделей, но и к потере доверия со стороны экономистов-теоретиков и хозяйственных

руководителей к результатам моделирования [2, 14]. Нет единых протоколов построения и описания моделей разных типов, таких как агентно-ориентированные модели, равновесные модели, эконометрические модели. Можно констатировать, что предметная область моделирования – мир экономических систем, а также аппаратная сфера моделирования – мир компьютерных программ и математических конструкций исследованы к настоящему времени с большей глубиной, чем мир компьютерно-математических моделей [21]. Хорошо известны такие области науки, как компьютерные науки, математика, статистика, в то время как наука о моделировании находится на начальной стадии своего развития [18, 19]. В последние десятилетия наиболее разработанной с точки зрения методики стала сфера построения агентно-ориентированных моделей разного уровня [11, 12, 20, 22]. Между тем применение системной парадигмы к анализу взаимосвязей между предметно-целевой и аппаратно-функциональными сферами моделирования [7] позволяет предложить единую концепцию взаимосвязанных процессов построения, анализа и интерпретации компьютерно-математических моделей, включая агентно-ориентированные, эконометрические, когнитивные и равновесные модели.

Структура пространства компьютерно-математических моделей традиционно рассматривается через призму классификационных характеристик модели, позволяющих отнести построенную модель к той или иной группе моделей в зависимости от предметной области (например, предприятия, отрасли, регионы и т. п.), целевого назначения (факторный анализ, прогнозирование, оптимизация), программно-математического аппарата (программные системы BFG, ERP, САПР), методов оценки параметров и интерпретации результатов (метод наименьших квадратов, метод наименьших модулей, метод Чебышевской аппроксимации и т. п.).

Мир открывающихся для модельера компьютерно-математических моделей можно

рассматривать подобно миру экономических агентов как пространство конкуренции между компьютерно-математическими моделями, реализующими сходные целевые функции, но имеющими разное математическое наполнение. Несмотря на то что модель нельзя полностью уподобить субъекту, имеющему свои цели и средства для их достижения, всё же одни модели приобретают широкую популярность как инструмент решения экономических задач, в то время как другие применяются намного реже. Выбирая модель для решения поставленных задач, пользователь отдает предпочтение тем или иным моделям, учитывая опыт их использования, простоту реализации, точность прогнозов и т. п. На множестве допустимых к использованию моделей возникают отношения замещаемости и дополняемости. Учет этих отношений превращает пространство выбора в сложноструктурированное поле конкуренции и, напротив, коллаборации моделей. Здесь уместно еще раз подчеркнуть аналогию между миром экономических систем и миром их компьютерно-математических моделей.

В настоящей статье мы доводим эту аналогию до взаимно однозначного соответствия (изоморфизма) между типами экономических систем и видами (классами) их моделей. Это позволяет сформулировать центральную концепцию обоснованного решения задачи создания комплексных моделей, объединяющих в своей структуре базовые типы компьютерно-математических моделей. Мы предлагаем также системную концепцию субъектности/объектности модели, позволяющую уточнить взаимоотношения между модельером и открывающимся перед ним миром компьютерно-математических моделей. Соответственно, уточняются и такие отношения между моделями, как замещаемость и дополняемость. В последовательности этапов моделирования, описанной в работе, обращается внимание на проблемы поэтапного выбора вариантов модельных решений в целях повышения сте-

пени обоснованности результатов моделирования.

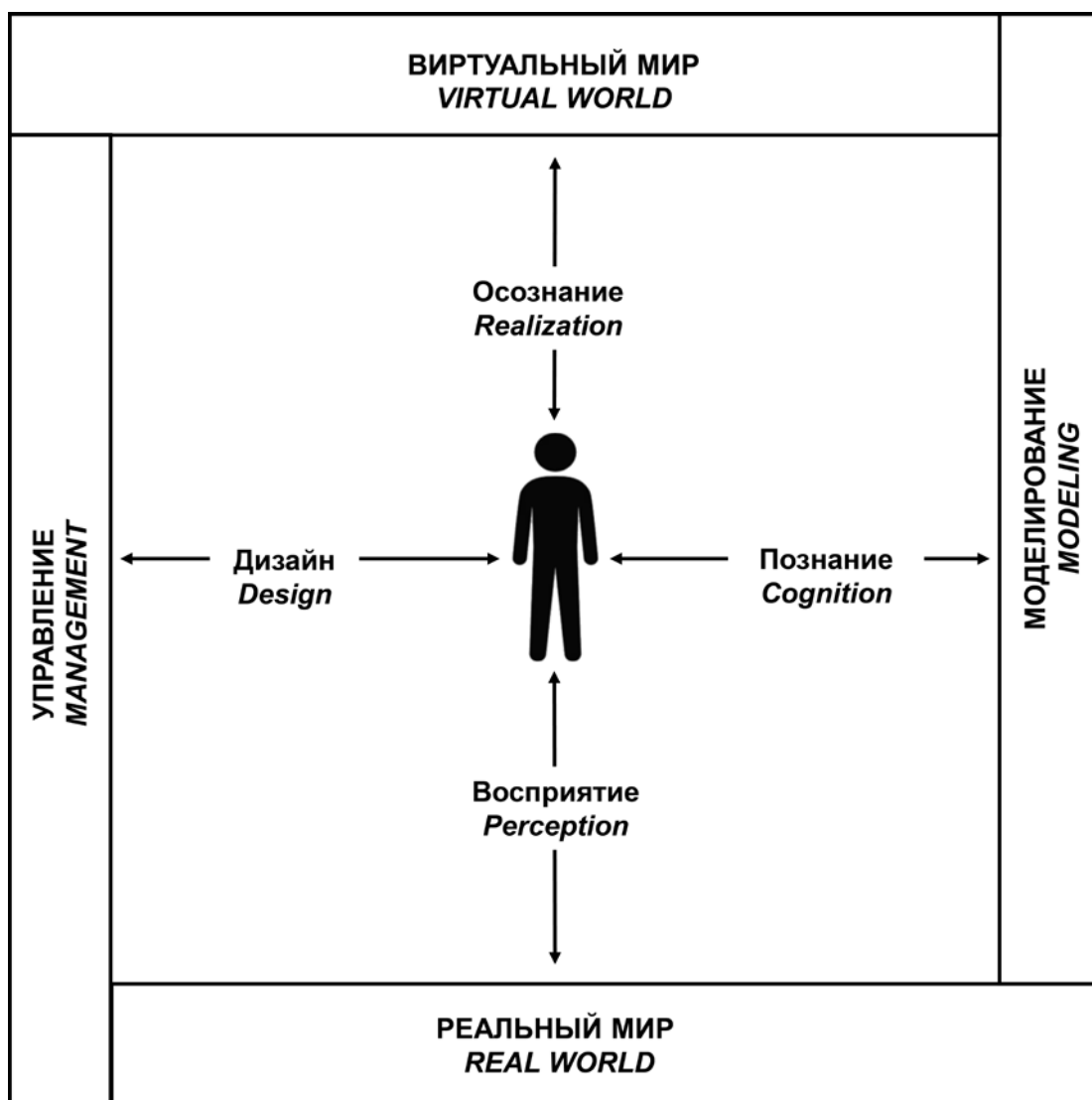
Отношения конкуренции и кооперации между экономическими системами были рассмотрены в [8]. В настоящей статье мы анализируем конкуренцию и кооперацию моделей как особого рода интеллектуально-экономических систем. В обоих случаях мы опираемся на результаты системной экономической теории, описывающей структуру и функции экономических систем в пространственно-временном континууме [7]. Анализ структуры множества математических моделей экономики на основе конкурентных и коллаборационных отношений приводит к выводу о целесообразности построения комплексных моделей, в которых ограничения конкуренции и ограничения коллаборации ослабляются за счет объединения агентных, эконометрических, когнитивных и равновесных моделей в рамках синтетических модельных комплексов.

### **К определению понятия компьютерно-математической модели**

В классических руководствах по моделированию модель определяется как «такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает объект-оригинал так, что его непосредственное изучение дает новые знания об объекте-оригинале» [4]. В более подробном виде модель определяется как «логическое или математическое описание компонентов и функций, отображающих существенные свойства моделируемого объекта или процесса (обычно рассматриваемых как системы или элементы системы). Модель используется как условный образ, сконструированный для упрощения их исследования» [10]. Есть и значительное количество других формулировок понятия модели. В любом случае модель предстает как законченный автономный объект, подобный в определенном смысле оригиналу

и позволяющий исследователю или пользователю получить новые знания о предмете моделирования. Таким образом, каждая модель представляет собой комплекс, состоящий из объекта моделирования (часть реального мира, или онтологии), цели моделирования (часть управленческо-созидательной сферы, или праксеологии), системы модельных предпосылок (часть виртуального мира, или идео-

логии), собственно модели (результат процесса моделирования и средство познания, или часть гносеологии). Взаимоотношения между составляющими представлены на рисунке 1. В центр рисунка помещен субъект, осуществляющий познание и преобразование окружающего материального и виртуального мира с помощью процессов восприятия, осознания, познания и дизайна.



**Рис. 1.** Роль моделирования в познавательно-созидательных процессах  
 Fig. 1. The role of modeling in cognitive and creative processes

В подавляющем большинстве определений модели за кадром остается способ построения модели – извилистый и итеративный путь от оригинала к модели. Этот путь включает в себя переход от начального ментально-эмпирического знания (ощущения) об объекте моделирования к языковому (предметно-терминологическому) описанию объекта, далее – к системному (системно-терминологическому) описанию, затем – к математическому и, наконец, к компьютерно-алгоритмическому представлению модели. В некоторых случаях эти этапы явно фиксируются создателем модели (модельером), в других – присутствуют в процессе построения моделей неявно. Во всех случаях результат моделирования зависит от прохождения указанных этапов.

В этих условиях представляется целесообразным расширить общее определение модели, включив в него не только результат, но и способ ее построения. Таким образом, под компьютерно-математической моделью в расширительном смысле будем понимать программно-математический комплекс, построенный на базе ментально-эмпирического, языкового, системного и математического описаний и предназначенный для получения новых знаний об объекте моделирования. Сравнение двух моделей одного и того же объекта моделирования требует теперь сопоставления не только конечных результатов моделирования – программно-математических комплексов, но и способов их построения и исследования. В этом смысле модели зависимости между данными показателями, построенные в виде линейного регрессионного уравнения с параметрами, найденными по методу наименьших квадратов, и с параметрами, найденными по методу наименьших модулей, должны в общем случае считаться разными моделями. При таком подходе каждую модель (в расширительном смысле) можно уподобить дереву, корни которого глубоко уходят в предметную сферу, а крона воспринимает информацию, отражающую место модели в пространстве кейсов по при-

менению построенных моделей. При этом модельное дерево погружено во всеобъемлющую инструментальную среду моделирования, содержащую необходимые средства для построения и применения модели. Мир компьютерно-математических моделей экономики предстает здесь как многоаспектная сложная полиструктурная система, каждый элемент которой, в свою очередь, представляет сложный комплекс – своего рода «систему систем». Соответственно, весьма сложной является и структура этого мира. Тем не менее мы исходим из предположения о возможности индивидуализации и квантификации мира моделей, т. е. делимости одной модели от другой в пространстве и/или во времени. Образно говоря, мы рассматриваем мир компьютерно-математических моделей экономики как своеобразный «модельный лес» – совокупность деревьев, кустарников и других растений, взаимодействие между которыми может, в зависимости от типа, либо подавлять, либо ускорять развитие друг друга. В общем случае мы предполагаем у каждой модели наличие свойств *объектности* и *субъектности*. Объектность (отделимость) модели – это возможность ее существования независимо от наблюдателя и от других моделей. В понятие объектности включается и требование воспроизводимости (тождественности) результатов модельных расчетов на основе тождественных исходных данных и предпосылок. Субъектность (суверенность) модели – это требование формирования ее реакции на внешние модельные и информационные воздействия независимо от модельера.

Для обозримого описания структуры мира моделей необходимо осуществить таксономию моделей и выявить структуру отношений между модельными типами. Анализ моделей, применяемых в практике моделирования в настоящее время, позволяет выявить следующую типологию. Компьютерно-математические модели сгруппированы в четыре класса: агентно-ориентированные модели, эконо-

метрические модели, когнитивные модели, равновесные модели. Наиболее известные примеры указанных четырех типов моделей: агентно-ориентированные модели – модель «затраты – выпуск» В. В. Леонтьева; равновесные (оптимизационные) модели – модель Л. В. Канторовича; эконометрические модели – модель производственной функции Кобба – Дугласа; когнитивные модели – модель Солоу – Свона, модели П. Ромера. Отметим, что данная категоризация не является классификацией в строгом смысле, поскольку эконометрические технологии могут использоваться при построении агентно-ориентированных и равновесных моделей, когнитивные подходы применяются в равновесных моделях и т. п. Вместе с тем можно обнаружить аргументы, позволяющие говорить о данной категоризации как об эвристической классификации, несмотря на то, что признаки единого основания для классификации не просматриваются.

Попробуем всё же сформировать такие признаки. Агентные модели выделяются из общей массы за счет наличия в них особых субмоделей, отражающих структуру и функционирование относительно самостоятельных экономических агентов, воспринимаемых как автономные *объекты*. Это означает, что фокусирование внимания на этих агентах предусматривается как часть ментально-эмпирического и языкового этапов построения модели. Эконометрические модели выделяются за счет отражения в них социально-экономических *процессов*, проявляющихся в виде зависимости одних показателей от других. В когнитивных моделях упор делается на формировании и применении новых знаний, появляющихся как дискретные результаты исследований и разработок (*проекты*). Равновесные модели отражают стремление моделируемой системы к однородности ее внутренней *среды*, а также к гармонизации ее внутренней и внешней сред. Мы видим, таким образом, что обособление четырех указанных классов моделей основано не столько на класси-

кации их компьютерно-математических составляющих, сколько на специфике отражения особенностей системы как предмета моделирования.

## Конкуренция и коллаборация в мире экономических систем

Согласно принятому в работе системному подходу, основой описания предметной области является представление ее в виде множества относительно самостоятельных развивающихся и взаимодействующих экономических систем (см. предыдущий раздел). Несмотря на разнообразие взаимоотношений между взаимодействующими экономическими системами, в качестве основных в экономической литературе выделяются два вида взаимоотношений: конкуренция, т. е. стремление двух или более систем к обладанию правами на владение, распоряжение или использование определенного вида неделимых экономических благ; коллаборация (кооперация), т. е. сотрудничество двух или более систем в получении прав на владение, распоряжение, использование определенного вида подобных благ. Особенности конкуренции и кооперации применительно к странам детально рассмотрены в [15, 16]. Особенности конкуренции и кооперации между предприятиями исследованы, в частности, в [3, 13, 17]. Отметим, что о конкуренции или коллаборации имеет смысл говорить только в том случае, если эти отношения носят устойчивый характер. Если между двумя экономическими системами, например двумя предприятиями, взаимодействие носит спорадический, случайный характер, то основания для анализа устойчивых отношений между ними отсутствуют.

Фундаментальная конкуренция, как правило, влечет отказ от сотрудничества в любых сферах и на любом промежутке времени, фундаментальная коллаборация предполагает сотрудничество во всех общих направлениях деятельности в любом периоде времени. Основное следствие конкуренции – разведение

конкурирующих систем, невозможность совместного согласованного функционирования. Основное следствие кооперации – сведение двух агентов на площадке согласованной деятельности. С понятиями конкуренции и кооперации (коллораации) тесно связаны понятия замещаемости и дополняемости, применяемые по отношению к субъектам экономики. Конкуренция ассоциируется с замещаемостью в том смысле, что победитель в конкурентной борьбе мог быть заменен другим субъектом, а работоспособность предмета конкуренции сохранилась бы. Иными словами, в паре «субъект конкуренции – предмет конкуренции» в качестве субъекта может в принципе выступать каждый из конкурентов. Кооперация, в свою очередь, может быть ассоциирована с дополняемостью, поскольку на общей кооперационной пространственно-временной площадке оба агента предполагают работать совместно, а значит, каждый из агентов дополняется другим.

Понятия конкуренции и коллораации имеют весьма широкую сферу применения и могут распространяться на взаимоотношения экономических систем любого уровня, в том числе индивидов, предприятий, отраслей, регионов, стран, страновых группировок и т.п. Важную роль играет и межуровневая конкуренция, примером которой часто являются отношения типа «принципал – агент». Соответствующим образом меняется и предмет конкуренции. К числу благ, служащих предметами конкуренции, могут относиться не только экономические ресурсы и возможности включения в те или иные социально-экономические системы, такие как привилегированные сообщества, партии, льготные категории и т.п., но и завоевание той или иной части рынка.

Виды конкурентно-кооперационных отношений могут быть классифицированы в зависимости от типа субъектов отношений; типа объекта (предмета) отношений; типа целей, преследуемых участниками отношений. Особенности конкуренции указанных типов будут рассмотрены ниже. Обобщающее описание вариантов конкурентно-коллораационных от-

ношений будет дано в виде конкуренции моделей, понимаемых в широком смысле.

Для каждого из субъектов конкурентно-кооперационных отношений характерно свое видение (восприятие) экономики. Речь при этом может идти как о дескриптивном описании состояния экономики, так и о нормативном (целевом, желаемом) описании. Конкурирующими здесь являются принимаемые участниками конкуренции подходы (исходные положения) к изучению данной экономической системы.

Взаимоотношения между участниками конкурентно-кооперационного взаимодействия в существенной степени зависят от их представлений о желаемом состоянии экономики. Согласно системной экономической теории, экономика может восприниматься участником либо как объектная система (доминирующими в экономике являются объектные, или организационные, системы), либо как процессная система (доминирующая роль в экономике отводится экономическим процессам), либо как проектная система (локомотивом экономики являются инвестиционно-инновационные проекты), либо как средовая система (результаты экономической деятельности определяются уровнем развития межобъектных отношенческих сред). Соответственно возникают объектный, процессный, проектный и средовой подходы, которые можно называть моделями экономики, если понимать модель в расширительном смысле. Конкурируют здесь, главным образом, два основных типа подходов: объектно-проектный и процессно-средовой. Первый из них отдает первенство локальным системам с неопределенным сроком функционирования, т.е. объектам, второй – пространственно неопределенным системам с ограниченным сроком жизненного цикла, т.е. процессам. В первом случае совокупность ведущих факторов может быть охарактеризована понятием «гений места», во втором – понятием «дух времени» [6]. В идейном плане эти два конкурирующих направления могут быть также охарактеризованы как «консерватизм» и «прогрессизм». Конкуренция между этими

направлениями определяет стратегию развития исследуемой системы. Оптимальной здесь может быть стратегия перманентного взаимодействия «консерваторов» и «инноваторов», представляющих соответственно «гений места» и «дух времени». Следует отметить, что конкуренция между объектными и процессными системами и, соответственно, между объектной и процессной экономикой как целевыми состояниями экономики имеет глубокую фундаментальную подоснову. Она связана с конкуренцией между двумя формами бытия: бытия во времени и бытия в пространстве. Объекты, как принципиально не ограниченные во времени системы, воплощают бытие во времени, процессы – бытие в пространстве. Объектные системы нуждаются в импорте пространственного ресурса, процессные – в импорте временного ресурса. Удовлетворение этих потребностей осуществляется в рамках четырехэлементного тетрадного комплекса (рис. 2).

Связи между подсистемами реализуют трансфер ресурсов пространства, времени и способностей по их использованию, которыми обладает каждая подсистема. В экономических системах эти ресурсы воплощаются в виде трудовых, материальных и информационно-управленческих ресурсов. Эти экономические ресурсы выступают как носители ресурсов пространства и времени, а способности – как носители ресурсов энергии, необходимых для функционирования системы.

Экономика при таком подходе рассматривается как единая система, функционирование которой обеспечивается за счет взаимодействия и развития объектной, процессной, проектной и средовой составляющих (подсистем). Каждая из четырех подсистем реализует свою миссию по отношению к системе в целом: объектная подсистема – продолжение функционирования системы во *времени*; процессная – расширение (сохранение) зоны

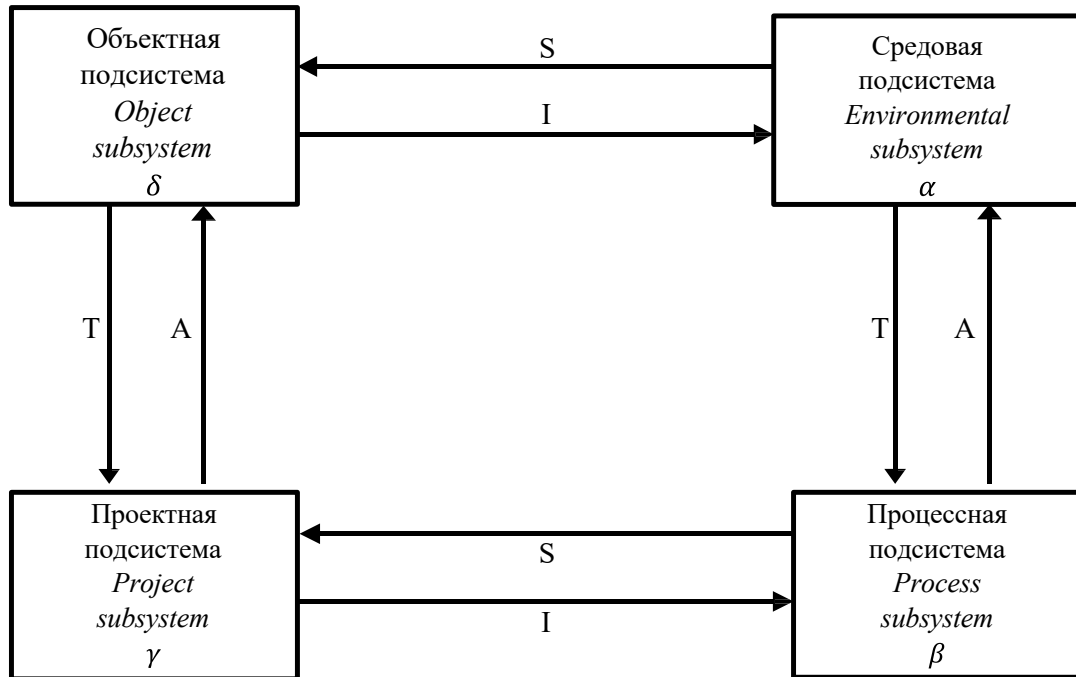


Рис. 2. Тетрадная структура экономической системы (уровень подсистем)

Fig. 2. Tetrad structure of the economic system (subsystem level)

функционирования системы в *пространстве*; проектная – поддержание (увеличение) запасов *энергии*, необходимой для функционирования системы; средовая – поддержание внутреннего единства (однородности) и *целостности* системы.

Формирование комплексов (тетрад), состоящих из четырех подсистем разного типа, является естественным способом самоорганизации агентов в пространстве экономических систем. При этом включенность двух субъектов в общую тетраду качественно определяет характер взаимоотношений между ними. Отношения между субъектами, занимающими противоположные места в структуре тетрады («объектная подсистема – процессная подсистема», «средовая подсистема – проектная подсистема») (см. рис. 2), относятся, как правило, к сфере внутрисистемной конкуренции. Здесь наиболее сильны силы отталкивания, разводящие подсистемы в разные стороны экономического пространства. Отношения между соседними подсистемами в тетраде («объектная – средовая», «средовая – процессная», «процессная – проектная», «проектная – объектная») тяготеют к сфере кооперации. Здесь доминируют силы притяжения, обеспечивающие позитивные отношения между подсистемами.

Тетрадная концепция предметной области моделирования связывает с каждой экономической системой комплекс из четырех подсистем – средовой, процессной, проектной и объектной. Тетрадный комплекс можно рассматривать, с одной стороны, как результат группировки (композиции) относительно самостоятельных систем четырех типов, с другой стороны, как результат декомпозиции экономической системы на взаимодействующие подсистемы четырех типов. В целом комплекс представляет собой пятиэлементную структуру, в которой кроме четырех указанных подсистем присутствует пятый элемент, представляющий систему в целом. Таким образом, элементами предметной области моделирования являются *пентады* – интегрированные пятиэлементные комплексы.

На основании высказанных в данном разделе статьи положений можно сделать следующие выводы, касающиеся структуры отношений между системами как элементами предметной области моделирования.

1. Конкуренция между однотипными системами (например, объектными системами – двумя предприятиями, двумя институтами, двумя проектами и т. п.) существенно отличается от конкуренции между разнотипными системами (например, между объектной и процессной системами, между проектной и средовой системами и т. п.). В первом случае анализ взаимодействия системы с внутренней и внешней средой опирается обычно на концепцию цепочек добавленной стоимости. Во втором случае опорной моделью служит концепция тетрады.

2. Конкуренция в сфере однотипных систем связана, главным образом, с возможностью включения данной системы в устойчивую цепочку добавленной стоимости (поставка сырья и материалов, реализация произведенной продукции). Такое включение обеспечивает стабильный сбыт продукции данной системы. Здесь субъектом конкуренции выступает объектная система, в том числе предприятие, холдинг, отрасль, регион и т. п., а предметом конкуренции – включение в цепочку добавленной стоимости. Альтернативный подход базируется на системном видении экономики и ориентируется на включение объектной системы не в линейную цепочку добавленной стоимости, а в циклическую структуру тетрады. Тетрада выступает здесь как относительно стабильный комплекс четырех подсистем, совместная деятельность которых обеспечивает функционирование комплекса во времени и в пространстве. При этом объектная подсистема обеспечивает воспроизводство, процессная – поставку материалов и комплекующих, проектная – инициацию инвестиционно-инновационных проектов, средовая – внутреннюю стабилизацию и гармонизацию отношений с внешним миром. Вклю-

чение предприятия в тетраду создает более надежные системные условия устойчивости его деятельности, чем включение в цепочку добавленной стоимости, поскольку последняя обеспечивает только условия реализации продукции, но не обеспечивает инвестиционно-инновационное развитие.

3. На микроуровне можно говорить о конкуренции между разнотипными системами. Например, конкуренция между объектными и процессными системами может проявляться в альтернативах потребителя при выборе производителя продукта. Если в качестве производителя потребитель выбирает объектную систему, то он может рассчитывать на устойчивость своих отношений с производителем и поддержку эксплуатации в течение длительного времени. Если потребитель выбирает в качестве производителя процессную систему, которая тесно связана с пространством товаров, то он не может рассчитывать на поддержку в течение длительного времени, но может рассчитывать на замену продукта более новым (современным) или на переход к другому производителю.

На макроуровне субъектом конкуренции является одна из четырех подсистем макроэкономики – объектная, процессная, проектная или средовая. Предметом конкуренции является выбор одной из этих разнотипных подсистем в качестве опорной при перспективном макроэкономическом планировании. В зависимости от этого выбора целевой функцией стратегического планирования является представление экономики данной страны в виде объектной, процессной, проектной или средовой системы.

В процессе планирования возникают альтернативы, связанные с выбором стратегии развития: ориентация на развитие объектной структуры, обеспечивающей устойчивость во времени, или ориентация на развитие процессной структуры (ориентация на развитие в географическом или предметном пространстве).

## Особенности конкуренции моделей

В пространстве компьютерно-математических моделей экономики структура взаимодействия экономических систем отражается в первую очередь в виде четырех классов моделей: агентно-ориентированных, эконометрических, когнитивных и равновесных. Понятие моделирования предполагает связь структуры предметной сферы моделирования и структуры пространства моделей как инструментов экономического анализа (прогноза, синтеза и т. п.). Структура пространства компьютерно-математических моделей экономики должна соответствовать структуре экономики как пространства взаимодействующих экономических систем. Предлагаемая в статье концепция моделирования опирается на существование взаимно однозначного соответствия между типами экономических систем и видами наиболее широко применяемых компьютерно-математических моделей (табл. 1).

Приведенные в таблице 1 пространственно-временные характеристики экономических систем допускают интерпретацию систем как условных владельцев ресурсов пространства и времени, используемых для продуктивной деятельности систем. Именно объектные системы, наряду со средовыми, могут рассматриваться как совладельцы ресурсов времени, а процессные и средовые – как совладельцы ресурсов пространства. При этом предположении основой взаимодействия всех четырех видов систем является обмен пространственно-временными и энергетическими ресурсами в целях обеспечения каждой системы всеми видами ресурсов, необходимых для ее функционирования (см. рис. 2). В рамках тетрады возникают своеобразные конкурентно-кооперационные отношения между участниками. Как было отмечено в предыдущем разделе, объектная и процессная подсистемы, а также проектная и средовая не могут обмениваться ресурсами непосредственно, поскольку в тетраде они отделены друг от друга другими подсистемами. Напротив, пары «объектная

**Таблица 1.** Соответствие типов экономических систем и классов их компьютерно-математических моделей

Table 1. Correspondence between types of economic systems and classes of their computer-mathematical models

<b>Типы экономических систем</b> <i>Types of economic systems</i>	<b>Характерные особенности экономической системы (локализация во времени и в пространстве)</b> <i>Characteristic features of the economic system (localization in time and space)</i>	<b>Классы компьютерно-математических моделей</b> <i>Classes of computer-mathematical models</i>	<b>Основная структурная единица модели</b> <i>Basic structural unit of the model</i>
Объектная система	Локализация в пространстве, пролонгирование во времени	Агентно-ориентированная модель	Модель функционирования агента в системной среде
Процессная система	Экспансия в пространстве, локализация во времени	Эконометрическая модель	Модель развития процесса в системной среде и ее окружении
Проектная система	Локализация в пространстве и во времени	Когнитивная модель	Модель получения нового знания для инновационной деятельности
Средовая система	Экспансия в пространстве и во времени	Равновесная модель	Модель функционирования субсред для согласованного взаимодействия агентов, процессов и проектов

подсистема – средовая подсистема», «средовая подсистема – процессная подсистема», «процессная подсистема – проектная подсистема», «проектная подсистема – объектная подсистема» могут рассматриваться как имманентно предрасположенные к кооперационным взаимоотношениям.

Мы приходим к выводу, что при построении комплексной модели экономической системы на основе использования агентно-ориентированной, эконометрической, когнитивной и равновесной моделей взаимоотношения между ними должны отражать взаимоотношения между объектной, процессной, проектной и средовой подсистемами экономической системы (рис. 3).

Содержание линий, характеризующих взаимодействия между соседними элементами на рисунке 3, определяется в соответствии с характеристиками взаимодействия между подсистемами тетрады на рисунке 2.

Выбор класса компьютерно-математической модели существенно влияет на интерпре-

тацию результатов моделирования. Если используется агентно-ориентированная модель с фиксированным множеством агентов, то из поля зрения исследователя может выпасть значительная часть информации, отражающей эволюцию моделируемой системы, в том числе изменение состава агентов и принципов их взаимодействия. В связи с этим нарастание системных дисфункций, приводящих в конце концов к революционной перестройке организационной структуры, сделает долгосрочный прогноз деятельности системы недостаточно операциональным. Подобно этому выбор эконометрической модели в качестве базовой затрудняет анализ организационного состава системы. Методы соединения данного типа моделей рассмотрены в [1]. В общем случае во весь рост встают задачи построения комплексной модели, свободной от недостатков агентно-ориентированной, эконометрической, когнитивной и равновесной моделей.

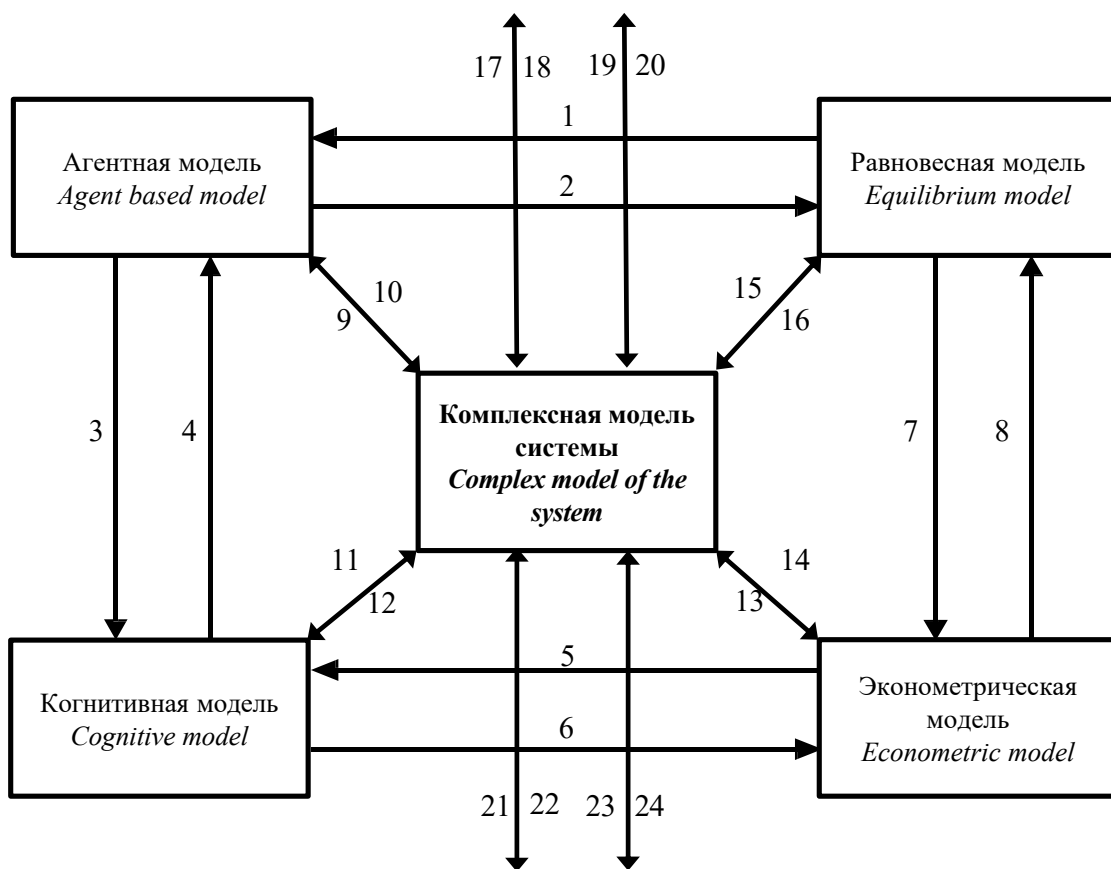


Рис. 3. Структура комплексной модели системы  
 Fig. 3. Structure of the complex model of the system

В итоге в пространстве моделей данной экономической системы конкурируют следующие подходы к моделированию. Агентный подход конкурирует с процессным, поскольку агентный ориентирован на связанное и устойчивое развитие системы во времени, а процессный – на пространственную связность и распространение в пространстве. Цели устойчивого развития и рыночного экспансионизма являются альтернативными. В реальных моделях одна из этих целей обычно включается в критериальную часть модели, а другая – в ограничительную. В рамках остронаправленной стратегии эти цели можно рассматривать как несовместимые.

### Особенности построения комплексных моделей экономических систем

Распространение математических, а в дальнейшем компьютерно-математических моделей в экономической литературе, начиная с середины XX в., можно было бы назвать триумфальным шествием. Вместе с тем на этом пути обнаружилось трудности, связанные с недостаточностью критического отношения разработчиков моделей к проблемам методологии построения и интерпретации модели. В целом пространство между объектом моделирования и моделью оказалось своего рода «ничейной полосой», которую значительное число

разработчиков пересекали в ускоренном режиме, пользуясь инерцией, накопленной в ходе домодельного исследования (при движении от объекта к модели) и математического исследования модели (при интерпретации модельных результатов). В поисках преодоления этих проблем была разработана концепция доказательного моделирования [5, 9], связывающая надежность модельных результатов с качеством проведения ключевых этапов моделирования.

В данном разделе мы показываем, какую роль играют отношения конкуренции и коллаборации между моделями в процессе построения и интерпретации компьютерно-математических моделей экономических систем. Будем ориентироваться на следующую последовательность ключевых этапов построения модели (табл. 2).

На каждом этапе разработчик модели решает проблему выбора одного из доступных для него вариантов для получения результата данного этапа. По степени влияния на конечный результат моделирования наибольшее значение имеет этап 3, в ходе которого должно быть сформировано системное видение объекта моделирования. Конкурирующие здесь варианты, по сути, определяют, какая именно модель будет избрана в качестве основы для проведения всех последующих этапов.

Для доказательности модели необходимо, чтобы каждый этап моделирования, в том числе выбор аппарата, цели, объекта моделирования, способа, калибровки и интерпретации модели, осуществлялся в условиях модельной конкуренции. Каждое проектное решение должно быть результатом конкурентного

**Таблица 2.** Ключевые этапы построения модели

Table 2. Key stages of model construction

Номер этапа <i>Stage number</i>	Содержание этапа <i>Stage content</i>	Результат этапа <i>Stage result</i>	Основные конкурирующие варианты <i>Main competing options</i>
Этап 1	Определение среды (пространства) исследования, включая такие ее составляющие (подсреды), как релевантные фрагменты экономической теории, математического аппарата, социально-психологических характеристик общества, информационно-компьютерных возможностей и технологий, опыта разработки и применения моделей и др.	Описание в целях моделирования необходимых фрагментов указанных сред с учетом их взаимовлияния	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ортодоксальная экономическая теория;</li> <li>• гетеродоксальная экономическая теория</li> </ul>
Этап 2	Определение объекта моделирования	Уточнение границ моделируемого объекта в функциональном, административном, географическом и социально-экономическом пространствах и календарном времени	<ul style="list-style-type: none"> <li>• объект моделирования как единое целое;</li> <li>• объект моделирования как сложносоставная система</li> </ul>
Этап 3	Определение предмета моделирования как системы	Описание моделируемой системы как относительно устойчивого образования в среде моделирования	<ul style="list-style-type: none"> <li>• объектная, процессная, проектная или средовая система;</li> <li>• тетрадный комплекс</li> </ul>
Этап 4	Формулирование цели и задач моделирования в контексте среды моделирования	Уточненная и развернутая постановка цели и задач моделирования	<ul style="list-style-type: none"> <li>• проектирование;</li> <li>• анализ;</li> <li>• прогноз</li> </ul>

Окончание таблицы 2

Этап 5	Определение предпосылок (допущений) при построении модели	Совокупность принимаемых в процессе моделирования аксиоматических (априорных) предположений, относящихся в том числе к экономической теории, математическому аппарату, социально-психологическим характеристикам общества, информационно-компьютерным возможностям и технологиям, опыту разработки и применения моделей и др.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• максимизация полезности;</li> <li>• максимизация связности;</li> <li>• максимизация устойчивости</li> </ul>
Этап 6	Формирование информационной базы моделирования	Группировка, структуризация и согласование элементов исходной информации для построения и интерпретации модели	<ul style="list-style-type: none"> <li>• детализированная информация;</li> <li>• агрегированная информация;</li> <li>• комплексная информация</li> </ul>
Этап 7	Выбор общего (параметрического) вида модели в соответствии с принятыми допущениями (этап 5) и исходной информацией (этап 6)	Общий вид модели или общий алгоритм расчетов выходных показателей модели для последующей спецификации ее параметров	<ul style="list-style-type: none"> <li>• линейная модель;</li> <li>• нелинейная модель</li> </ul>
Этап 8	Построение и валидация (проверка адекватности и эффективности) модели объекта для достижения поставленной цели	Полностью специфицированная модель, подлежащая при необходимости математическому анализу и экономической интерпретации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• метод наименьших квадратов;</li> <li>• метод наименьших модулей;</li> <li>• метод Чебышевской аппроксимации и др.</li> </ul>
Этап 9	Интерпретация полученных результатов применительно к предмету и цели моделирования	Ответы на вопросы, поставленные в рамках целей и задач моделирования	<ul style="list-style-type: none"> <li>• точная оценка;</li> <li>• вероятностная оценка;</li> <li>• нечеткая оценка и др.</li> </ul>
Этап 10	Определение границ применимости построенной модели	Описание области, в которой возможна адекватная и эффективная модель в соответствии с целями и задачами моделирования является обоснованной	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ограниченная область в пространстве показателей и во времени;</li> <li>• ограниченная область в пространстве показателей при неопределенном времени</li> </ul>

выбора. В силу отношений замещаемости и дополняемости выбор решения на каждом шаге определяет ограничения для принятия решений при прохождении других этапов, замещаемые компоненты конкурируют друг с другом.

Выбор одного из них может отражаться на всей цепочке проектных решений.

При расширительном использовании понятия «модель» неотъемлемой частью описания модели является выбор варианта

системного представления (видения) объекта моделирования. Выбор между представлением объекта в виде средовой, процессной, проектной, объектной или тетрадной системы определяет тип модели, применяемой для компьютерно-математического описания системы. Моделирование предполагает выбор одной из четырех видов модели: для средовой системы – равновесной модели; для процессной – эконометрической; для проектной – когнитивной; для объектной – агентно-ориентированной; для тетрадного комплекса – комплексной модели. Первые четыре типа моделей относятся к числу потенциально конкурирующих и подлежат альтернативному выбору. В комплексной модели, построенной по тетрадному принципу, преодолеваются противоречия между агентно-ориентированной, эконометрической, когнитивной и равновесной моделями за счет организации взаимодействия между ними, соответствующего взаимодействию базовых подсистем экономической системы. При этом функционирование каждой подсистемы и, соответственно, ее модели зависит от деятельности остальных трех подсистем тетрады.

Формирование тетрадных комплексов базируется на предположении о возможности эффективной коллаборации между равновесной и эконометрической, эконометрической и когнитивной, когнитивной и агентной, агентной и равновесной моделями и конкуренцией между равновесной и когнитивной, а также агентной и эконометрической моделями.

## Заключение

Конкурентно-коллаборационные отношения между типами экономических систем проектируются на классы экономико-математических моделей и определяют целесообразность и возможность их комплексирования.

Арсенал системного моделирования представлен сегодня четырьмя основными видами (классами) моделей: агентные, эконометрические, когнитивные, равновесные. Этот пере-

чень соответствует перечню базовых подсистем экономической системы: объектные подсистемы моделируются с помощью агентных моделей, процессные – с помощью эконометрических моделей, проектные – с помощью когнитивных моделей, а средовые – с помощью равновесных моделей. В этой ситуации построение комплексной модели экономической системы с использованием имеющегося арсенала должно осуществляться путем соединения агентной, эконометрической, когнитивной и равновесной моделей в соответствии со схемой тетрады. При этом агентно-ориентированная, эконометрическая, когнитивная и равновесная модели должны быть связаны между собой таким образом, чтобы результат работы каждой из них зависел от результатов работы остальных.

Подобно тому, как объектно-процессная конкуренция среди реальных экономических систем преодолевается за счет включения объектной и процессной систем в тетраду, т. е. в единую объемлющую систему, противоречия между агентной и эконометрической моделями преодолеваются за счет построения комплекса из четырех видов моделей. При этом данные модели должны быть связаны системой каналов, обеспечивающих согласование их деятельности.

На каждом этапе моделирования разработчик сталкивается с конкуренцией проективных решений, необходимых для прохождения данного этапа. Предложенный в работе единый подход к проведению всех основных этапов моделирования позволяет повысить уровень надежности моделей и приближает к реализации концепции доказательного моделирования.

Дальнейшее развитие данной проблематики связано с детализацией процесса построения комплексных моделей тетрадного типа и интерпретацией результатов их анализа в целях создания институтов взаимной лояльности участников экономической деятельности, обеспечивающих устойчивое развитие экономики и общества.

## Список литературы

1. Бахтизин А. Р., Бахтизина Н. В. Опыт построения гибридной агент-ориентированной модели с нейронными сетями // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2010. №8. С. 27–39. EDN: OOUQRX.
2. Бодрунов С. Д., Глазьев С. Ю. Закономерности формирования основ ноономики как грядущего общественного устройства: знать и действовать. СПб. : ИНИР им. С. Ю. Витте; М. : Центркаталог, 2023. 340 с.
3. Бурук А. Ф. Предпосылки формирования кластерных проектов между предприятиями, отношения сотрудничества и конкуренции // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 11. № 10-1. С. 49–57. DOI: 10.34670/AR.2021.59.37.005.
4. Гранберг А. Г. Моделирование социалистической экономики. М. : Экономика, 1988. 492 с.
5. Клейнер Г. Б. Доказательное моделирование как перспективный инструмент научного исследования социально-экономических процессов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. Т. 2. №6. С. 5–16. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2023.06.02.001.
6. Клейнер Г. Б. Дух времени и гений места как фундаментальные факторы социально-экономического развития // Вестник Российской академии наук. 2025. Т. 95. № 1. С. 38–47. DOI: 10.31857/S0869587325010046.
7. Клейнер Г. Б. Ресурсная теория системной организации экономики // Российский журнал менеджмента. 2011. Т. 9. №3. С. 3–28. EDN: OIHVXL.
8. Клейнер Г. Б. Системная экономика, справедливое общество, эффективная конкуренция: императивы завтрашнего дня // Современная конкуренция. 2024. Т. 18. №4. С. 6–20. DOI: 10.37791/2687-0657-2024-18-4-6-20.
9. Клейнер Г. Б. Флагман экономико-математического и компьютерного моделирования: 60 лет в строю // Экономика и математические методы. 2023. Т. 59. №3. С. 5–20. DOI: 10.31857/S042473880027042-5.
10. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь: Словарь соврем. экон. науки / под ред. Г. Б. Клейнера. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Акад. нар. хоз-ва при Правительстве Рос. Федерации : Дело; Калининград : ГИПП Янтар. сказ., 2003. 519 с.
11. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Россошанская Е. А. и др. Проблемы стандартизации описания агент-ориентированных моделей и возможные пути их решения // Вестник РАН. 2023. Т. 93. № 4. С. 362–372. DOI: 10.31857/S0869587323040059.
12. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. Современные инструменты моделирования социально-экономических процессов // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2024. № 1 (76). С. 21–32. DOI: 10.52897/2411-4588-2024-1-21-32.
13. Мальцев А. А. Кооперация – новая реальность современной мировой экономики // Журнал экономической теории. 2019. Т. 16. №3. С. 346–351. DOI: 10.31063/2073-6517/2019.16-3.3.
14. Ольсевич Ю. Я. Современный кризис «мейнстрима» в оценках его представителей (предварительный анализ). М. : Институт экономики РАН, 2013. 46 с.
15. Полтерович В. М. Конкуренция, сотрудничество и удовлетворенность жизнью. Часть 1. Семерка европейских лидеров // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2022. Т. 15. №2. С. 31–43. DOI: DOI: 10.15838/esc.2022.2.80.2.
16. Полтерович В. М. Конкуренция, сотрудничество и удовлетворенность жизнью. Часть 2. Основа лидерства – коллаборативные преимущества // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2022. Т. 15. №3. С. 42–57. DOI: 10.15838/esc.2022.3.81.2.
17. Рубин Ю. Б. Конкуренция в предпринимательстве: учебник. 9-е изд., перераб. и доп. М. : Университет «Синергия», 2023. 896 с. DOI: 10.37791/978-5-4257-0546-4-2023-1-896.
18. Boumans, M., & Dupont-Kieffer, A. (2011). A History of the Histories of Econometrics. *History of Political Economy*, 43(suppl\_1), 5–31. <https://doi.org/10.1215/00182702-1158781>
19. Buchner, J. (2025). Critical Mathematical Economics and Progressive Data Science. *arXiv.org*, papers 2502.06015. <https://arxiv.org/abs/2502.06015>

20. Dawid, H., & Gatti, D.D. (2018). Agent-Based Macroeconomics: Chapter 2 (pp. 63–156). In: *Handbook of Computational Economics*, 4. <https://doi.org/10.1016/bs.hescom.2018.02.006>
21. Saltelli, A., Puy, A., & Di Fiore, M. (2024). Mathematical Models: A State of Exception. *International Review of Applied Economics*, 39(2), 1–18. <https://doi.org/10.1080/02692171.2024.2365727>
22. Steinbacher, M., Raddant, M., Karimi, F. et al. (2021). Advances in the Agent-based Modeling of Economic and Social Behavior. *SN Business & Economics*, 1(7), article 99. <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00103-3>

### Сведения об авторе

Клейнер Георгий Борисович, ORCID 0000-0003-2747-6159, член-корреспондент РАН, докт. экон. наук, профессор, руководитель научного направления «Мезоэкономика, микроэкономика, корпоративная экономика», Центральный экономико-математический институт Российской академии наук; научный руководитель кафедры моделирования и системного анализа, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; заведующий кафедрой институциональной экономики, Государственный университет управления, Москва, Россия, [george.kleiner@inbox.ru](mailto:george.kleiner@inbox.ru)

### Конфликт интересов

Клейнер Георгий Борисович является членом редакционного совета журнала.

Статья поступила 20.10.2025, рассмотрена 28.11.2025, принята 15.12.2025

### References

1. Bakhtizin, A. R., & Bakhtizina, N. V. (2010). Hybrid Agent-Based Models with Neural Networks. *Neurocomputers*, 8, 27–39. <https://elibrary.ru/ooouqrx>
2. Bodrunov, S. D., & Glazyev, S. Yu. (2023). *Zakonomernosti formirovaniya osnov noonomiki kak gryadushchego obshchestvennogo ustroystva: znat' i deystvovat* [The Patterns of Formation of the Foundations of Noonomics as a Future Social Order: Know and Act]. *INIR im. S. Yu. Vitte Publ., Tsentrkatalog Publ.*
3. Buruk, A. F. (2021). Preconditions for the Formation of Cluster Projects between Enterprises, Relations of Cooperation and Competition. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*, 11(10A), 49–57. <https://doi.org/10.34670/AR.2021.59.37.005>
4. Granberg, A. G. (1988). *Modelirovaniye sotsialisticheskoy ekonomiki* [Modeling of the Socialist Economy]. *Economica Publ.*
5. Kleiner, G. B. (2023). Evidence-Based Modeling as a Promising Tool for Scientific Research of Socio-Economic Processes. *Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya*, 2(6), 5–16. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2023.06.02.001>
6. Kleiner, G. B. (2025). The Spirit of the Time and the Spirit of the Place as Fundamental Factors of Socio-Economic Development. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 95(1), 38–47. <https://doi.org/10.31857/S0869587325010046>
7. Kleiner, G. B. (2011). *Resursnaya teoriya sistemnoi organizatsii ekonomiki* [Resource-Based Theory of the Systemic Organization of the Economy]. *Russian Management Journal*, 9(3), 3–28. <https://elibrary.ru/oihbxi>
8. Kleiner, G. B. (2024). Systems Economy, Justice Society, Effective Competition: The Imperatives of the Next Day. *Journal of Modern Competition*, 18(4), 6–20. <https://doi.org/10.37791/2687-0657-2024-18-4-6-20>
9. Kleiner, G. B. (2023). The Flagship of Economic, Mathematical and Computer Modeling: 60 Years in Line. *Economics and the Mathematical Methods*, 59(3), 5–20. <https://doi.org/10.31857/S042473880027042-5>
10. Lopatnikov, L. I. (2003). *Ekonomiko-matematicheskij slovar': Slovar' sovrem. ekon. nauki* [Economic and Mathematical Dictionary: Dictionary of Modern Economic Science]. Ed. by G. B. Kleiner.

5th edition, rev. and suppl. *Akad. nar. khoz-va pri Pravitel'stve Ros. Federatsii, Delo Publ., GIPP Yantar. Skaz. Publ.*

11. Makarov, V. L., Bakhtizin, A. R., Rossoshanskaya, E. A. et al. (2023). Problems of Standardizing Agent-Based Model Description and Possible Ways To Solve Them. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 93(4), 362–372. <https://doi.org/10.31857/S0869587323040059>
12. Makarov, V. L., & Bakhtizin, A. R. (2024). Modern Tools for Modeling Socio-Economic Processes. *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya*, 1(76), 21–32. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2024-1-21-32>
13. Maltsev, A. A. (2019). Competition – the New Reality of Global Modern Economy. *Russian Journal of Economic Theory*, 16(3), 346–351. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2019.16-3.3>
14. Olsevich, Yu. Ya. (2013). *Sovremennyy krizis «meynstrima» v otsenkakh yego predstaviteley (predvaritel'nyy analiz)* [The Modern Crisis of the Mainstream in the Assessments of Its Representatives (Preliminary Analysis)]. *Institut ekonomiki RAN Publ.*
15. Polterovich, V. M. (2022). Competition, Collaboration, and Life Satisfaction. Part 1. The Seven European Leaders. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 15(2), 31–43. <https://doi.org/10.15838/esc.2022.2.80.2>
16. Polterovich, V. M. (2022). Competition, Collaboration, and Life Satisfaction. Part 2. The Fundament of Leadership – Collaborative Advantage. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 15(3), 42–57. <https://doi.org/10.15838/esc.2022.3.81.2>
17. Rubin, Yu. B. (2023). *Konkurentsia v predprinimatel'stve* [Competition in Entrepreneurship]. *Sinergy University Publ.* <https://doi.org/10.37791/978-5-4257-0546-4-2023-1-896>
18. Boumans, M., & Dupont-Kieffer, A. (2011). A History of the Histories of Econometrics. *History of Political Economy*, 43(suppl\_1), 5–31. <https://doi.org/10.1215/00182702-1158781>
19. Buchner, J. (2025). Critical Mathematical Economics and Progressive Data Science. *arXiv.org*, papers 2502.06015. <https://arxiv.org/abs/2502.06015>
20. Dawid, H., & Gatti, D. D. (2018). Agent-Based Macroeconomics: Chapter 2 (pp. 63–156). In: *Handbook of Computational Economics*, 4. <https://doi.org/10.1016/bs.hescom.2018.02.006>
21. Saltelli, A., Puy, A., & Di Fiore, M. (2024). Mathematical Models: A State of Exception. *International Review of Applied Economics*, 39(2), 1–18. <https://doi.org/10.1080/02692171.2024.2365727>
22. Steinbacher, M., Raddant, M., Karimi, F. et al. (2021). Advances in the Agent-based Modeling of Economic and Social Behavior. *SN Business & Economics*, 1(7), article 99. <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00103-3>

### About the author

*George B. Kleiner*, ORCID 0000-0003-2747-6159, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Head of Meso-economics, Microeconomics, Corporate Economics Scientific Department, Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences (CEMI RAS); Scientific Director of System Analysis in Economics Department, Financial University under the Government of the Russian Federation; Head of Institutional Economics Department, State University of Management, Moscow, Russia, [george.kleiner@inbox.ru](mailto:george.kleiner@inbox.ru)

### Conflict of interest

George B. Kleiner is a member of the editorial board of the journal.

Received 20.10.2025, reviewed 28.11.2025, accepted 15.12.2025