

---

---

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

---

---

### Развитие экономического моделирования. Эконометрический аспект

© 2022 г. Д.В. Скрыпник

**Д.В. Скрыпник,**  
ЦЭМИ РАН, Москва; email: skrypnikdv@gmail.com

Поступила в редакцию 18.02.2022

*Автор выражает признательность анонимному рецензенту, чьи замечания позволили улучшить работу.*

**Аннотация.** Рассмотрен опыт развития прикладного, преимущественно макроэкономического, моделирования. Проведено сопоставление так называемого неструктурного подхода — не являющегося строго обоснованным экономической теорией — со структурным подходом, где такое обоснование является основой. Показано, что достижения структурного и неструктурного моделирования во многом способствовали размыванию четкой грани между этими двумя направлениями. Анализ мирового опыта также позволяет сделать вывод, что бурное развитие неструктурного моделирования привело к появлению эффективных методов моделирования, демонстрирующих хорошие прогностические свойства, зачастую превосходящие качество структурных моделей. Кроме того, показано, что возникающие на определенном этапе развития неструктурного подхода трудности зачастую устранялись в рамках этого же подхода, но с появлением новых методов. Обосновано наличие тесной связи между структурным и неструктурным подходами; также обоснована необходимость гибридного подхода к моделированию реальных экономических систем и процессов, т.е. подхода, в рамках которого некоторые поведенческие механизмы и соответствующие им структурные параметры явно вводятся в модель, в то время как остальные элементы идентифицируются на основе методов неструктурного подхода.

**Ключевые слова:** структурные модели, неструктурные модели, критика Лукаса, кривая Филиппа.

**Классификация JEL:** C0, C18, B40.

Для цитирования: Скрыпник Д.В. (2022). Развитие экономического моделирования. Эконометрический аспект // Экономика и математические методы. Т. 58. № 2. С. 32–42. DOI: 10.31857/S042473880020013-3

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Прикладное макроэкономическое моделирование принято разделять на структурный и неструктурный подходы. В первом случае основу моделирования составляют теоретические представления об экономической системе, как правило, микроэкономические, во втором — внимание в большей мере уделяется анализу реальных данных и решению проблемы идентификации параметров. Принято считать, что параметры, не являющиеся обоснованными экономической теорией (*ad hoc*), могут уловить только отдельно взятый режим, в котором находится экономическая система под действием мер политики либо внешних сил. Вместе с тем, как демонстрируют многие наблюдения, в рамках микроэкономического обоснования пока не удается предъявить модели, параметры которых оказывались бы всегда более стабильными во времени и более устойчивыми к смене режимов политики по сравнению с параметрами неструктурных моделей. Кроме того, структурные модели зачастую обладают низким прогностическим качеством. При этом структурное моделирование требует более жестких предположений, справедливость которых требует специальной проверки, в особенности в отношении стран, обладающих рядом особенностей, — таких как Россия.

Достижения структурного и неструктурного моделирования во многом способствовали размыванию четкой грани между этими двумя направлениями, и многие результаты и наблюдения, полученные в рамках одного направления, находили подтверждение и объяснение в другом, а неструктурные модели стали содержать элементы структурных моделей, и наоборот. В настоящее время предпринимаются попытки интегрировать эти два направления в рамках гибридного подхода, где недостатки одного направления компенсируются преимуществами другого. Можно выделить подход, в котором некоторые поведенческие механизмы и соответствующие им структурные параметры явно вводятся в модель, в то время как остальные элементы структуры модели соответствуют

зависимостям, возникающим на макроэкономическом уровне, идентификация которых, наряду с идентификацией параметров поведенческих механизмов, осуществляется на основе методов неструктурного подхода.

Целью настоящей работы является обзор опыта прикладного макроэкономического моделирования и рассмотрение некоторых положений критики Лукаса с позиции современных представлений о предмете и достижениях неструктурного подхода.

## 2. ИСТОРИЯ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Макроэкономическое моделирование с разной степенью интенсивности развивается уже около 80 лет. Ряд исследователей предлагают считать началом этого научного направления работу голландского экономиста Я. Тинбергена (Tinbergen, 1937), в которой были предприняты попытки построения и оценивания малой макроэкономической модели. Именно здесь автор формализовал теоретические изыскания экономической науки того времени в виде системы динамических уравнений и, по всей видимости, впервые использовал аппарат математической статистики для оценивания параметров уравнений. Последнее обстоятельство служило цели сделать привязку стилизованной модели к реальной экономической системе<sup>1</sup>.

Конец 1930-х годов — время зарождения, развития и последующего господства кейнсианских идей в экономической теории и экономической политике. Общая теория Кейнса была далека от формализованных построений, однако давала ответы на многие вопросы и вызовы того времени, закладывая фундамент первого поколения макроэкономических моделей. Именно на 1940–1950-е годы приходится первый эпизод бурного развития так называемого структурного макроэкономического моделирования. В работу, связанную с созданием моделей (стохастических дифференциальных уравнений), были вовлечены сильнейшие представители экономической науки, математики, статистики. При Чикагском университете создана специальная исследовательская организация (Cowles Commission for Research in Economics), в которую вошли ученые с мировым именем К. Эрроу (K. Arrow), Дж. Дебре (G. Debreu), Т. Хаавелмо (T. Haavelmo), Л. Гурвиц (L. Hurwicz), Л. Клейн (L. R. Klein), А. Вальд (A. Wald) и др., было образовано «Эконометрическое общество» и учрежден журнал. На многие годы вперед формировалась исследовательская парадигма макроэкономики. На этот период приходится ряд важнейших результатов, дошедших и до наших дней. Мощнейший импульс получила эконометрика, обязанная многими современными методами именно усилиям ученых и исследователей того времени. Свет увидели работы Л. Клейна, в будущем нобелевского лауреата по экономике, завершившие формирование подхода к моделированию на основе систем одновременных уравнений. Были обнаружены проблемы идентификации параметров больших систем и предложены решения. Получены условия идентифицируемости структурной формы на основе приведенной; разработаны методы оценки структурных параметров, широко применяющиеся и в наши дни (двухшаговый, трехшаговый МНК, FIML-оценивание).

В первые годы успех макроэкономики был выдающимся. В академическом сообществе царил единодушие относительно научной парадигмы, а обсуждения и споры велись относительно таких деталей, как конкретный наклон кривых IS или LM. Фундамент пошатнулся в конце 1960-х годов. К тому моменту неудовлетворенность отсутствием обоснования используемых при моделировании конкретных форм уравнений достигла своего предела — как известно, все положения кейнсианства просто постулировались. Критика велась по двум основным направлениям. Первое связано с отсутствием понимания причин неравновесной динамики — было ясно, что рыночное равновесие если и существует, то не достигается системой мгновенно. Объяснения же этому предъявлено не было. В результате почти все усилия экономической мысли были сосредоточены на отыскании микроэкономических оснований ценовой жесткости и негибкости заработных плат. Второй фронт критики связан с моделированием механизма ожиданий. Дж.Ф. Мут (Muth, 1961, p. 315–335), в работах которого впервые появилась идея рациональности ожиданий, показал, что адаптивно устроенные ожидания могут быть рациональными лишь в исключительно редких обстоятельствах. Было предложено несколько способов введения рациональности ожиданий в прикладные макроэкономические модели.

<sup>1</sup> Ряд исследователей полагают, что основательно математическая статистика вошла в экономическую науку с появлением работы (Haavelmo, 1944).

Однако дело не только и не столько в интеллектуальной неудовлетворенности экономистов. Существовавшие модели начали демонстрировать плохое прогнозное качество и, что более существенно, оказались несостоятельными при объяснении фактической реакции экономики на различные шоки, в частности на значительное изменение цен на нефть. Серьезное влияние оказал период массовой безработицы и одновременно высокой инфляции, подорвавший уверенность в том, что между двумя этими показателями существует стабильная линейная связь.

Наибольшую силу критика господствующей парадигмы набрала в серии работ известного экономиста Р. Лукаса — также впоследствии лауреата Нобелевской премии. Критика Лукаса указывала на то, что существующие подходы не вскрывают экономических законов, а являются, что называется, *ad hoc*, — параметры в постулируемых зависимостях не отражают фундаментальных, структурных характеристик экономики, поэтому уравнения способны описать лишь отдельные режимы функционирования системы. При смене же политики, предпочтений агентов либо технологий параметры моделей также будут меняться. Действительно, накопившиеся к тому времени свидетельства как раз подтверждали, что оцененные прежде параметры уравнений (кейнсианской функции потребления, кривой Филипса) меняются на новых временных интервалах. Объяснение же, предложенное Лукасом, выглядело правдоподобным и поэтому было принято почти безо всякого сопротивления, положив начало новому этапу (второй волне) развития макроэкономического моделирования, во многом определив его будущий ход.

В работе (Lucas, 1976) содержалась не только критика, но и предложены основы нового подхода, в соответствии с которыми модель должна основываться на фундаментальных параметрах экономической системы. Это означало, что главной целью моделирования должно стать отыскание таких параметров<sup>2</sup>. Фундаментальность здесь понимается как стабильность параметров во времени, в том числе и при изменении режимов политики. Естественным развитием предложенного подхода стало моделирование поведения отдельных экономических агентов, потребителей и фирм. Представлялось, что структурными, фундаментальными параметрами экономики являются параметры, описывающие или, точнее, определяющие поведение отдельного агента. Само же поведение полагалось оптимальным. Подобные модели стали называться микроэкономически обоснованными, а способ описания поведения агентов — микроэкономическими основаниями. Уравнения теперь начали выводиться из решения оптимизационных задач (межвременной оптимизации). Классической работой, окончательно оформившей этот подход, является работа (Kydland, Prescott, 1982). В ней показано, что неоклассические модели, где представлен единственный шок, технологически объясняют большую долю вариации выпуска в США.

Более радикальная критика господствующей парадигмы, связанная с К. Симсом, привела к возникновению альтернативной ветви макроэкономического моделирования — неструктурного подхода. Симс (Sims, 1980) отвергал технику моделирования, когда априори, до того как исследователь обращается к анализу конкретной экономической системы, предполагается тот или иной характер связей в экономике (на основе положений теории). Это, по его мнению, накладывает избыточные ограничения, справедливость которых зачастую не подтверждается. Предложенный Симсом подход в каком-то смысле представлял противоположный, крайний, взгляд на моделирование, и, возможно, именно поэтому его развитие спустя время осветило предметную область под иным углом, что позволило дать альтернативное объяснение несостоятельности моделей первого поколения.

### 3. НЕСТРУКТУРНЫЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

В отличие от структурных методов, развитие которых следовало за экономической мыслью, появлением одних теорий и сменой их на новые, неструктурные методы развивались почти монотонно. В начале прошлого века было замечено, что простое линейное дифференциальное уравнение достаточно неплохо воспроизводит динамику реальных экономических рядов. Сейчас конечно-разностный аналог такого уравнения принято называть авторегрессионной моделью временного ряда. Серьезный импульс развития неструктурные методы получили в 1970-е годы благодаря очевидному к тому времени провалу кейнсианских структурных моделей.

<sup>2</sup> Собственно, критика Лукаса по сути была формой предложения нового подхода. И здесь, по всей видимости, нельзя не учитывать взглядов Лукаса — представителя Чикагской экономической школы, — а они были во многом противоположными идеям Кейнса.

Одной из определяющих здесь стала работа (Box, Jenkins, 1970), в которой впервые вводится понятие стохастического тренда. Было замечено, что многие экономические ряды невозможно описать ни линейным, ни квадратичным, ни каким-либо иным детерминированным трендом. Для моделирования подобных временных рядов была предложена теоретическая конструкция, в соответствии с которой воздействие всякого прошлого возмущения со временем не затухает, а продолжает вносить вклад в будущую динамику, и любая область пространства, таким образом, становится достижимой на бесконечности с единичной вероятностью. В частности, из этого следует отсутствие сходимости к какому-либо детерминированному тренду. Процессы, удовлетворяющие описанной схеме, называются рядами с единичным корнем.

Несмотря на впечатляющие успехи неструктурного моделирования, его главным недостатком продолжала оставаться одномерность, в то время как основной интерес состоял как раз в выявлении механизмов влияния переменных друг на друга. Закономерно, что следующим шагом стало появление векторных моделей авторегрессии. Основной вклад здесь, как уже отмечалось, принадлежит К. Симсу. Предложенный им в (Sargent, Sims, 1977) подход не опирался на положения экономической теории. В нем даже не существовало априорного деления переменных на эндогенные и экзогенные. Напротив, если какие-либо переменные были связаны между собой, то подход выявлял прямое и обратное влияние одной переменной на другую, не добавляя, впрочем, знаний о характере связей между ними. Это также позволяло обойти проблему эндогенности, характерную для систем одновременных уравнений и требующую применения специальной эконометрической техники.

Многомерные неструктурные модели стали основой для новых открытий. Вскоре в (Engle, Granger, 1987) было предложено основополагающее для современного прикладного макроэкономического моделирования понятие коинтеграции, или совместного стохастического тренда. Удивительным образом понятие, имеющее отношение исключительно к статистическим свойствам многомерных процессов (и определяемое чисто технически), оказалось тесно связано с моделями коррекции ошибками — направлением моделирования, независимо развиваемым Лондонской научной школой (Sargan, 1964).

В основе моделей коррекции ошибками лежит предположение, что направление и интенсивность изменения показателей определяются отклонением текущего состояния системы от равновесного. Модели, таким образом, наряду с равновесной допускают и неравновесную динамику. Равновесная же структура при этом постулировалась. С появлением понятия коинтеграции все характеристики системы стали извлекаться из реальных данных. Временные ряды представлялись в виде векторного стохастического процесса, и на основе собственных векторов и собственных значений оцененной матрицы перехода восстанавливалась равновесная структура и определялись динамические свойства системы. В результате получалась структурная модель в виде системы одновременных уравнений, не требующая априорного включения теоретических положений. Напротив, анализ следовал в определенном смысле в обратном направлении — идентифицировалась приведенная форма (возможная интерпретация модели векторной авторегрессии) и уже на ее основе строилась структурная.

Как показал опыт моделирования, параметры подобных моделей оказались стабильными (в том числе к изменению режимов политики), а сами модели способными объяснять реальные экономические процессы.

#### 4. КРИТИКА ЛУКАСА

Микрообоснованные оптимизационные модели начали развиваться вслед за критикой Лукаса и являются ответом на нее. В знаменитой работе Р. Лукаса заложены основы направления, в соответствии с которым задача моделирования должна состоять в отыскании глубинных, структурных параметров экономической системы, остающихся стабильными достаточно долгое время. Неструктурные же параметры, не являющиеся параметрами микрообоснованных моделей, оставаться стабильными и не должны в силу, например, рациональности агентов.

Пусть экономика описывается структурной моделью общего вида  $y_{t+1} = F(y_t, x_t, \theta, \varepsilon_t)$ , где  $x_t$  — набор экзогенных переменных, среди которых — инструменты политики;  $y_t$  — набор эндогенных переменных модели;  $\theta$  — параметры модели, а  $\varepsilon_t$  — случайные шоки. Правильная модель, по мнению Лукаса, — когда и  $F$ , и  $\theta$  остаются инвариантными при изменении структурных характеристик

процесса  $x_t$ . Для моделей же первого поколения это свойство не выполнялось и параметры регулярно менялись. Лукас полагал, что в действительности политику государства можно представить в виде  $x_t = G(y_t, \lambda, \eta_t)$ , где  $\lambda$  — структурные параметры экономики, которыми определяется экономическая политика, а  $\eta_t$  — случайные возмущения. Задача моделирования состоит в отыскании связи между параметрами  $\theta$  и структурными параметрами  $\lambda$ , поскольку при изменении последних меняется не только политика  $x_t$ , но и режим функционирования экономики. Решение этой задачи позволяет переписать модель в стабильной форме  $y_{t+1} = F(y_t, x_t, \theta(\lambda), \varepsilon_t)$ , устойчивой к смене политики. И только после этого модель следует оценивать эконометрически.

С момента появления критики было разработано множество теоретических (стилизованных) моделей, в какой-то мере отвечающих предложенному подходу. Вместе с тем, моделирование реальных экономических систем на их основе вызвало определенные затруднения. Выяснилось, что модели, не учитывающие критику, остаются стабильными в те периоды, когда их стабильность, согласно Лукасу, должна нарушаться (в периоды серьезных сдвигов режимов политики).

Дело здесь состоит в том, что изменения в экономической политике в действительности могут не обладать достаточной силой воздействия, которая бы приводила к значимым изменениям структурных связей в экономике. Иными словами, связь между  $\theta$  и  $\lambda$  — очень слабая на конкретном интервале времени. Более того, связь в этот период может совсем отсутствовать. Так, например, если инфляционные ожидания остаются в силу различных причин адаптивными, то инфляция при смене режима монетарной политики может оставаться прежней дольше, чем это бы происходило, будь агенты полностью рациональны. Критику Лукаса, таким образом, следует рассматривать не как бесспорный теоретический результат, а как эмпирическую гипотезу, подлежащую проверке при выборе той или иной спецификации модели для решения прикладных задач.

В работе (Estrella, Fuhner, 1999) рассматриваются два оппозитных типа моделей и тестируется их стабильность. Первая группа моделей представляет так называемую назадсмотрящую спецификацию для агрегированного спроса и аналогичную спецификацию для кривой Филипса. Вторая группа — также уравнения агрегированного спроса и кривой Филипса, но теперь полученные на основе оптимизационных задач и впередсмотрящих, рациональных ожиданий. Каждая группа моделей включает функцию реакции монетарной политики.

Рассматривая временной интервал со структурным сдвигом в монетарной политике (идентифицированный в том числе эконометрическими тестами), авторы выяснили, что назадсмотрящие модели не только намного лучше оптимизационных описывают историческую динамику показателей (общее свойство подобных спецификаций), но и превосходят качество объяснения динамики показателей на интервале после структурного сдвига. Впередсмотрящие оптимизационные модели, наоборот, резко ухудшали статистическое качество на интервале после сдвига. При этом параметры моделей первого типа продолжали оставаться стабильными, в то время как параметры моделей второй группы свойство стабильности теряли.

К интересному выводу приводит анализ критики Лукаса в статье (Marcellino, Salmon, 2001). Авторы замечают, что Лукас исключает из обсуждения возможные причины, заставляющие правительство резко менять режим политики. Иными словами, неявным образом предполагается бóльшая иррациональность правительства по сравнению с другими экономическими агентами, например потребителями. Если же рассматривать правительство и остальных агентов с точки зрения динамического взаимодействия, то критика начинает терять силу.

Как известно, устойчивая связь между инфляцией и безработицей, начиная с определенного момента, стала регулярно нарушаться. Считалось, что объяснить это явление можно, только если ввести в модель рациональные ожидания. Явное моделирование рациональности привело к появлению вертикальной кривой Филипса. К. Симс (Sims, 1981) на основе статистических методов (индексных моделей) и теории линейных систем построил модель, намеренно полностью лишенную каких-либо теоретических оснований, воспроизводившую свойство вертикальной кривой Филипса.

Несмотря на то что новые модели содержали положения, отсутствие которых в моделях первого поколения считалось причиной их несостоятельности, модели, учитывающие критику Лукаса, на практике оказались гораздо слабее (при объяснении реальных процессов) моделей первого поколения. Иными словами, ответив в рамках новой парадигмы на один вопрос, исследователи встали на почву, где неопределенность теоретических оснований оказалась еще выше.

## 5. СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ

Объект моделирования — экономическая система — представляет собой непрерывно качественно меняющуюся среду (появляются новые товары, технологии, меняются поведенческие модели агентов). Вряд ли существуют такие характеристики системы, которые бы оставались стабильными на длительном временном интервале. В свете приведенных обсуждений возникает вопрос, если говорить нестрого, насколько нефундаментальными были параметры моделей, в отношении которых критика Лукаса считается справедливой.

### 5.1. MPC или APC?

Одним из центральных вопросов макроэкономики является вид и форма функции потребления (агрегированного). Кейнсианская функция потребления является первой успешной попыткой описания агрегированного поведения потребителя. В 1950-е годы было, однако, замечено, что предельная склонность к потреблению (*marginal propensity to consume*, MPC) — коэффициент при доходе в функции потребления, который для целей прикладного анализа рассчитывался как коэффициент регрессии потребления на доход, — стабильно оказывается меньшим, чем показатель средней склонности к потреблению (*average propensity to consume*, APC). Последний рассчитывался как отношение накопленного потребления к накопленному доходу. Более того, выяснилось, что MPC серьезно меняется на различных интервалах времени в отличие от APC. Соответственно, модели, основанные на кейнсианской функции потребления, перестали быть состоятельными. В 1957 г. Фридман показал, что домохозяйства, принимая решения о потреблении, ориентируются на перманентный, а не на текущий располагаемый доход, как считалось ранее. Используемый при вычислении средней склонности к потреблению накопленный доход является оценкой перманентного дохода и поэтому показатель APC достаточно близок к оценке фундаментального структурного параметра экономики, определяющего процесс потребления. Коэффициент MPC, таким образом, оказывается лишены смысла, как и попытки его оценивания. Модели же, основанные на кейнсианской функции потребления, оказались под прицелом критики Лукаса за нефундаментальность параметра MPC, нестабильность которого объяснялась рациональностью потребителя, предвещающего изменения своего будущего дохода.

Дж. Сток (Stock, 1988), располагая современным эконометрическим инструментарием, нашел иное объяснение. Как потребление, так и располагаемый доход (а значит, и перманентный) являются нестационарными временными рядами, имеющими, вместе с тем, общий стохастический тренд (являются коинтегрированными). А значит, и MPC, и APC являются состоятельными оценками одного и того же коэффициента коинтеграционного соотношения, задающего структурное (устойчивое в долгосрочном периоде) соотношение между доходом (перманентным) и потреблением. Различие же между показателями, которое расценивалось исследователями того времени как несостоятельность кейнсианской структурной модели, оказалось обычным смещением оценок коэффициентов регрессии, возникающим при слишком малом объеме выборки (*small sample bias*). При этом даже такое свойство оценок коинтегрирующей комбинации, как суперсостоятельность, не успевало реализоваться на рассматриваемых интервалах. Оценка же APC в силу способа вычисления оказывалась смещенной в меньшей степени. Запись модели в форме коррекции ошибками, разделяющей краткосрочные и долгосрочные эффекты, позволила получить несмещенную оценку коинтегрирующего коэффициента — структурного параметра экономики, определяющего потребление, не прибегая к микроэкономическому обоснованию и не вводя рациональные ожидания. Объяснение несостоятельности кейнсианской функции потребления было получено вне Критики.

В середине 1980-х годов в ряде европейских стран произошли масштабные реформы, направленные на снижение избыточного регулирования финансового сектора, что, в частности, привело к значительному росту потребления в этих странах. Применявшиеся тогда для анализа политики макроэкономические модели не смогли ни предсказать, ни объяснить этот эпизод *ex post*. Это было расценено как подтверждение критики и свидетельство в пользу альтернативного класса моделей, основанных на рациональных ожиданиях и оптимизирующих агентах. Предполагалось, что произошли изменения в неописанной прежними моделями части экономики — изменились ожидания агентов.

## 5.2. Спецификация

В работе (Eitrheim, Jansen, Nymoen, 2000) подробно анализируется этот эпизод. Авторы формализуют два противоположных подхода в виде моделей. В соответствии с первым строится модель, где функция потребления задается коинтеграционной связью между потреблением и доходом. В соответствии со вторым функция потребления в модели основывается на межвременном уравнении Эйлера. Крайняя форма этого подхода предполагает, что любая прошлая информация относительно соотношения между потреблением и доходом не имеет значения для текущего и будущего потребления. Иными словами, потребление описывается моделью случайного блуждания, а приращения потребления являются ортогональными к своим прошлым значениям. Если описанный структурный сдвиг, связанный с финансовым регулированием, меняет коэффициенты коинтеграционной связи (так как это неструктурный параметр экономики), то прогноз на основе моделей первого типа должен быть заметно более смещенным (с прежними коэффициентами) относительно фактических данных, чем прогноз на основе моделей второго типа, поскольку построение последнего — более устойчиво к такого рода изменениям. Действительно, в работе этому находится эмпирическое подтверждение. Вместе с тем было замечено, что на более позднем интервале времени модели первого типа начинали демонстрировать лучшее качество прогноза по сравнению с оптимизационными моделями. Возможное объяснение этому выглядело странным: несмотря на структурный сдвиг, прежнее коинтеграционное соотношение постепенно восстанавливается.

Выяснилось, что если в коинтеграционное соотношение (для потребления) ввести всего одну дополнительную переменную, то оценки коэффициентов коинтеграционного соотношения для интервала до структурного сдвига и после него оказываются идентичными. Иными словами, структурный сдвиг вызвал изменение этой новой *переменной*, оставив *коэффициенты* модели неизменными (стабильными). Несостоятельность прежних моделей, таким образом, крылась в неверной (неполной) спецификации. При этом новая спецификация не только улучшала прогнозные свойства модели, но и, что важнее, выявляла реальную структуру экономики, не накладывая априори ограничений, пусть даже и как-то обоснованных экономической теорией. Эконометрический поиск (основная составляющая немикрообоснованных моделей) зависимостей, таким образом, снизил в данном случае вероятность ошибочной спецификации и имплементации ей соответствующей экономической политики (разумеется, неверной в этом случае).

## 5.3. Кривая Филипса

Одним из классических примеров того, как далеко может завести экономическая политика, при разработке мер которой имелось неверное представление о характере связей в экономике, является история эволюции кривой Филипса. Именно здесь отчетливо прослеживается то, как форма политики менялась вслед за сменой принципов теории и стала видна важность правильной и адекватной спецификации макроэкономических моделей.

В своей знаменитой статье 1958 г., анализируя данные английской экономики, Филипс (Philips, 1958) заметил, что между безработицей и темпами роста номинальных заработных плат существует выраженная статистическая регулярность. Объясняя возникновение зависимости естественным несовершенством рынка труда, экономисты взяли ее за основу при выработке рекомендаций для мер политики (в первую очередь стимулирующей монетарной). Со временем обнаружилось, что регулярность не является устойчивой. Ряд авторов объясняли это тем, что, помимо краткосрочной кривой Филипса, существует долгосрочная, представляющая вертикальную прямую на плоскости, где по горизонтальной оси отложены уровни безработицы, а по вертикальной — темпы роста номинальных заработных плат. Определяемый этой прямой естественный уровень безработицы как раз и будет тем стационарным состоянием, сходимостью к которому будет обеспечиваться в долгосрочном периоде, и поэтому длительное стимулирование экономики со стороны спроса невозможно.

Позднее к кейнсианской интерпретации кривой Филипса добавилась неоклассическая (Lucas, 1972), в соответствии с которой связь между безработицей и инфляцией имеет обратную зависимость. Цены, а значит, и заработные платы, в силу случайных причин могут оказаться выше или ниже ожидаемых значений. В ответ на это производители будут изменять объем производства, увеличивая либо сокращая занятость. Зависимость была выведена Лукасом на основе микроэкономической теории и гипотезы рациональных ожиданий. Во многом именно неудачные попытки оценить инвертированную кривую Филипса привели Лукаса к выводам, что рациональность агентов не позволяет этой связи установиться и она изменяется всякий раз вслед за попытками стимулировать экономику мерами монетарной политики.

Существует еще один взгляд. Рассмотрим следующую форму краткосрочной кривой Филипса (Eitrheim, Jansen, Nymoен, 2005):

$$\Delta w_t = \beta_{w,0} - \beta_{w,1} u_t + \beta_{w,2} \Delta a_t + \beta_{w,3} \Delta q_t + \varepsilon_{w,t},$$

где  $u_t$  — уровень безработицы;  $a_t$  — производительность труда;  $q_t$  — цены производителей. Естественная безработица находится из условия  $\Delta w_t = 0$  и часто называется уровнем безработицы, не ускоряющим инфляцию (non-accelerating inflation rate of unemployment, NAIRU):

$$u_t^{NAIRU} = u_0 + \frac{\beta_{w,2} - 1}{\beta_{w,1}} \Delta a_t + \frac{\beta_{w,3} - 1}{\beta_{w,1}} \Delta q_t.$$

Долгое время существовало убеждение, что NAIRU является аттрактором, обеспечивающим сходимость рынка труда в долгосрочной перспективе. Во многом благодаря идее, согласно которой естественный уровень безработицы можно определить на основе анализа лишь одного уравнения, кривая Филипса обрела большую популярность в академических и политических дискуссиях.

Очевидно, что рассчитанный на основе кривой Филипса естественный уровень безработицы если и является стационарным состоянием для рынка труда, то динамические свойства (скорость подстройки к равновесию) системы «безработица—заработная плата» невозможно определить, ограничивая рассмотрение одним уравнением. Анализ поэтому стал со временем дополняться уравнением, описывающим динамику безработицы:  $\Delta u_t = \beta_{u,0} - \beta_{u,1} u_{t-1} + \beta_{u,2} (w - q - a)_{t-1} - \beta_{u,3} z_t + \varepsilon_{u,t}$ . Здесь механизм, определяющим динамику занятости и обеспечивающим подстройку к равновесию, является доля заработных плат в стоимости конечной продукции — устойчивое соотношение между показателями (коинтегрированы). Если безработица оказывается, например, ниже естественного уровня, то заработная плата начинает расти и рано или поздно становится выше уровня, соответствующего устойчивой доли заработных плат в стоимости конечной продукции. В ответ на это, в соответствии с уравнением для безработицы, занятость начинает снижаться до естественного уровня, а вслед за ней снижается и номинальная заработная плата.

Дополнив кривую Филипса уравнением для безработицы, экономистам так и не удалось описать поведение реального рынка труда (безработицы и инфляции заработных плат). К примеру, для большинства европейских стран попытки оценивания приводили к следующему результату: если естественный уровень безработицы и является аттрактором, то время сходимости к нему должно занимать десятки лет (исходя из оценок параметров).

Нестабильность естественного уровня безработицы также подпадала под критику Лукаса, и макроэкономика стала интенсивно искать микроэкономические основания кривой Филипса — вводились впередсмотрящие ожидания, появились неоклассические, неокейнсианские версии кривой. Но насколько верной была постановка задачи поиска естественного уровня безработицы в терминах столь ограниченной спецификации модели? Если ответ на этот вопрос отрицательный, то объяснения несостоятельности подобных моделей вновь находятся вне критики Лукаса.

Рассмотрим уравнение для динамики заработных плат вида  $\Delta w_t = \theta_w (w_{q,t-1}^b - w_{q,t-1}) + \psi_q \Delta q_t - \phi u_{t-1} + \varepsilon_t$ , где  $w_{q,t-1}^b = m_b + \iota a_t - \pi u_t$  — долгосрочное (равновесное) соотношение, связывающее предложение труда домохозяйств,  $u_t$ , с желаемым уровнем реальной заработной платы. При этом будет предложено соответствующее количество труда;  $w_{q,t}$  — реальная заработная плата, представляющая собой отношение номинальной заработной платы,  $w_t$ , к ценам. В равновесии реальные заработные платы совпадают с желаемыми домохозяйствами. Несоответствие же между ними задает направление и интенсивность изменения номинальных заработных плат, за счет которых происходит подстройка к равновесию. Аналогичный корректирующий механизм выписывается для ценовой динамики, но теперь подстройку обеспечивает разность между реальными заработными платами и заработными платами, предлагаемыми фирмами. Важное отличие от предыдущей версии кривой Филипса состоит в том, что безработица теперь прямо включается в коинтеграционное соотношение.

Оказывается, что при достаточно общих условиях на коэффициенты системы существует условное стационарное состояние для реальной заработной платы, зависящее от уровня безработицы  $w_{q,ss}(t) = a_{ss}(t) + \eta_0 u_{ss} + \delta_0$ , или  $w_{ss} = \eta_0 u_{ss} + \delta_0$ , где  $w_{ss} = w_{q,ss}(t) - a_{ss}(t)$  — доля заработных плат в стоимости продукции. Иными словами, значений безработицы, при которых не происходит ускорения инфляции, может быть множество (для каждого уровня безработицы существует свое стационарное состояние заработных плат). При этом доля стоимости труда также обусловлена уровнем занятости. Безработица же определяется вне системы «безработица—заработная плата» и зависит от



ряда факторов. Это означает, что поиск естественного уровня безработицы на основе прежней версии кривой Филипса (системы) не имел смысла. Действительно, при такой (и только такой) спецификации модель остается стабильной на интервале, включающем как смену режимов политики, так и значимые структурные сдвиги, и объясняет фактическую динамику заработных плат и безработицы в 1960–2000 гг., чего не удавалось сделать в рамках прежней спецификации.

Из этого следует любопытное эконометрическое объяснение нестабильности инвертированной кривой Филипса, которую пытался оценить Лукас (Лукас, 1972). Рассмотрим известное соотношение  $\beta\beta^* = r_{xy}$ , где  $r_{xy}$  — коэффициент корреляции между  $x$  и  $y$ ,  $\beta$  — коэффициент в регрессии  $y$  на  $x$ , а  $\beta^*$  — коэффициент в инвертированной регрессии. Структурный сдвиг можно определить как изменение характера связи между переменными  $x$  и  $y$ , а значит, изменение коэффициента корреляции составляет  $r_{xy}$ . Если в силу, например, суперэкзогенности  $x$  по отношению к параметру  $\beta$  коэффициент  $\beta$  оказывается стабильным при смене политики, то коэффициент  $\beta^*$  не может также одновременно оставаться неизменным на этом интервале. Это означает, что обнаруженная Лукасом нестабильность инвертированной кривой Филипса уже не может однозначно интерпретироваться как отсутствие связи между безработицей и инфляцией.

Таким образом, модели, не учитывающие критику Лукаса, верно специфицированные и включающие недостающие элементы, оказываются стабильными, демонстрируют лучшее качество прогнозов и становятся состоятельными при описании тех экономических процессов, которые, как считалось, можно объяснить только на основе моделей, учитывающих критику. Это указывает на неполноту теоретических оснований моделей нового поколения.

#### 5.4. Макро- и микроуровень

Один из главных изъянов таких моделей особенно отчетливо проявился в период недавних финансово-экономических кризисов, в особенности кризиса 2008–2009 гг. Как известно, сильным допущением современных макроэкономических моделей является предположение о полном соответствии микро- и макроэкономического уровней. Благодаря этому становится возможным в качестве теоретического основания моделирования использовать понятие репрезентативного агента, оптимизирующего свое межвременное поведение в отношении потребления одного товара (также используется допущение об изоморфности микро- и макроуровней). Прибегая к этому, однако, мы редуцируем неоднородную экономическую структуру до единственного потребителя, исключая тем самым из рассмотрения все многообразие связей, посредством которых в экономике осуществляется взаимодействие разнородных агентов. В частности, подход не предполагает описания структуры финансового рынка, где характер и многообразие связей между кредиторами и заемщиками (в особенности через производные финансовые инструменты) играет ключевую роль.

Считается, что чем шире возможности для диверсификации портфелей и перераспределения индивидуального риска, тем лучше функционирует экономическая система — положение, стоящее в основе бурного развития института секьюритизации в последнее время. В работе (Battiston et al., 2009) было показано, что возникающие в процессе секьюритизации каналы перераспределения риска действительно способствуют снижению уровня индивидуального риска в экономике, но одновременно повышают уровень системного риска, поскольку по тем же самым каналам происходит стремительное распространение и мультипликация кризисных потрясений в случае их возникновения. Иными словами, связь между сложностью (развитостью) финансового рынка и уровнем системного риска в экономике не является монотонно убывающей. Именно в особенностях нынешней финансовой архитектуры и механизмов взаимодействия между гетерогенными агентами кроются причины недавнего кризиса. Подход же на основе репрезентативного потребителя исключает подобные эффекты из рассмотрения и оказывается, таким образом, здесь полностью бессильным.

В действительности взаимодействие гетерогенных агентов на микроуровне, в соответствии с индивидуальными поведенческими правилами, порождает на макроуровне принципиально иную регулярность, которая не только имеет обратный эффект на индивидуальный уровень, но и, что важнее, придает абсолютно новые свойства экономической системы. Редукция многообразия связей в экономике до размера одного агента подобные эффекте полностью исключает и является поэтому грубым искажением действительности.

Несмотря на то что основные подходы к прикладному моделированию экономических процессов предлагались в зарубежной научной литературе, в России, в особенности после смены экономической формации, появились заслуживающие внимания работы, целью которых являлась

проверка и развитие теоретических подходов при моделировании российской экономики. Одной из них является цикл исследований по верификации различных эконометрических моделей на основе российских данных, осуществленный в 1990-х годах и в начале 2000-х годов А.А. Петровым и И.Г. Поспеловым (Петров, Поспелов, 2009). Эта научная школа развила подход, интегрирующий структурные и неструктурные модели. Так, наряду с соотношениями модели, полученными на основе решения оптимизационных задач, было предложено использовать, так называемые институциональные ограничения, которые, в частности, могут быть получены на основе эконометрического оценивания (Поспелов и др., 2013). Определенные шаги в сторону построения гибридной модели были предприняты в работе (Скрыпник, 2016).

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрение мирового опыта макроэкономического моделирования позволяет сделать вывод, что бурное развитие неструктурного моделирования привело к появлению вполне эффективных методов моделирования, демонстрирующих хорошие прогностические свойства, зачастую превосходящие качество структурных моделей. Кроме того, достижения структурного и неструктурного моделирования во многом способствовали стиранию четкой грани между этими двумя направлениями и многие результаты и наблюдения, полученные в рамках одного направления, находили подтверждение и объяснение в другом. В настоящее время предпринимается ряд попыток интегрировать два направления в рамках гибридного подхода, где недостатки одного направления компенсируются преимуществами другого. На наш взгляд, именно на пути гибридного моделирования следует ожидать в ближайшее время новых прорывных результатов. Построению структурной модели экономики должно предшествовать эмпирическое изучение особенностей структурных связей и лежащих в их основе экономических механизмов, в первую очередь — механизмов подстройки к равновесию. Неструктурное моделирование способно предложить ряд подходов и методов, не требующих сильных допущений в отношении характера структурных связей, что позволяет сконструировать гибкий модельный аппарат.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Андреев М.Ю., Вржеш В.П., Пильник Н.П., Поспелов И.Г., Хохлов М.А., Жукова А.А., Радионов С.А. (2013). Модель межвременного равновесия экономики России, основанная на дезагрегировании макроэкономического баланса // *Труды семинара имени И.Г. Петровского*. Т. 29. С. 43–145. [Andreev M. Yu., Vrzhesch V.P., Pilnik N.P., Pospelov I.G., Khokhlov M.A., Zhukova A.A., Radionov S.A. (2013). The intertemporal equilibrium model of the Russian economy based on the macroeconomic balance disaggregation. *Proceedings of the seminar named after I. G. Petrovsky*, 29, 43–145 (in Russian).]
- Петров А.А., Поспелов И.Г. (2009). Математические модели экономики России // *Вестник РАН*. Т. 79. № 6. С. 492–506. [Petrov A.A., Pospelov I.G. (2009). Mathematical models of the Russian economy. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 79, 6, 492–506 (in Russian).]
- Скрыпник Д.В. (2016). Макроэкономическая модель российской экономики // *Экономика и математические методы*. Т. 52. № 3. С. 92–113. [Skrypnik D.V. (2016). A macroeconomic model of the Russian economy. *Economics and Mathematical Methods*, 52, 3, 92–113 (in Russian).]
- Battiston S., Gatti D., Gallegati M., Greenwald B., Stiglitz J. (2012). Default cascades: When does risk diversification increase stability? *Journal of Financial Stability*, 8, 3, 138–149.
- Box G.E.P., Jenkins G.M. (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day.
- Eitrheim Ø., Jansen E.S., Nymoen R. (2005). *The econometrics of macroeconomic modelling*. Oxford: Oxford University Press.
- Eitrheim Ø., Jansen E., Nymoen R. (2000) Progress from forecast failure — the Norwegian consumption function. *The Econometrics Journal*, 5, 1, 40–64.
- Engle R.F., Granger C.W.J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 55, 2, 251–276.
- Estrella A., Fuhrer J.C. (1999). Are “deep” parameters stable? *The Lucas critique as an empirical hypothesis*. Boston: Federal Reserve Bank of Boston, 99.
- Haavelmo T. (1944). The probability approach in econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 12, Supplement (July, 1944), iii–vi+1–115.

- Kydland F.E., Prescott E.C.** (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 50, 6, 1345–1370.
- Lucas R.E.** (1972). Expectations and the neutrality of money. *Journal of Economic Theory*, 4, 2, 103–124.
- Lucas R.E.** (1976). Econometric policy evaluation: A critique. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1, 19–46.
- Marcellino M., Salmon M.** (2002). Robust decision theory and the Lucas critique. *Macroeconomic Dynamics*, 6, 01, 167–185.
- Muth J.F.** (1961). Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 29, 3, 315–335.
- Philips A.W.** (1958). The relation between unemployment and the Rate of change of money wage rates in the United Kingdom, 1861–1957. *Economica. New Series*, 25, 100, 284–295. DOI: 10.2307/2550759. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2550759>
- Sargan J.D.** (1964). Wages and prices in the United Kingdom: A study in econometric methodology. *Econometric Analysis for National Economic Planning*, 16, 25–54.
- Sargent T.J., Sims C.A.** (1977). Business cycle modeling without pretending to have too much a priori economic theory. *New Methods in Business Cycle Research*, 1, 145–168.
- Sims C.A.** (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 48, 1, 1–48.
- Sims C.A.** (1981). An autoregressive index model for the US 1948–1975. *Large-Scale Macro–Econometric Models: Theory and Practice*. North-Holland Pub. Co.
- Stock J.H.** (1988). A reexamination of Friedman’s consumption puzzle. *Journal of Business & Economic Statistics*, 6, 4, 401–407.
- Tinbergen J.** (1937). An econometric approach to business cycle problems. Paris: Hermann & Cie.

## The economic modeling development. An econometric aspect

© 2022 D.V. Skrypnik

**D.V. Skrypnik,**

*Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;*  
e-mail: [skrypnikdv@gmail.com](mailto:skrypnikdv@gmail.com)

Received 18.02.2022

*Author thanks the anonymous Reviewer for the critical observation and remarks, improving the article.*

**Abstract.** The experience of development of applied predominantly macroeconomic modeling is considered. A comparison is made of the so-called non-structural approach, which is not strictly substantiated by economic theory, with the structural approach, where such a justification is the basis. It is shown that the achievements of structural and non-structural modeling have largely contributed to the blurring of the clear line between these two approaches. An analysis of researches also allows us to conclude that the rapid development of non-structural modeling led to the emergence of effective modeling methods that demonstrate good predictive properties, often surpassing the quality of structural models. In addition, it is shown that the difficulties arising at a certain stage in the development of the non-structural approach were often eliminated within the framework of the same approach, but with the advent of new methods. The presence of a close connection between the structural and non-structural approaches and the need for a hybrid approach to modeling real economic systems and processes, — that is, an approach in which some behavioral mechanisms and their corresponding structural parameters are explicitly introduced into the model, while the remaining elements are identified on the basis of methods of non-structural approach.

**Keywords:** structural models; non-structural models; Lucas’ critique; Phillips’s curve.

**JEL Classification:** C0, C18, B40.

For reference: **Skrypnik D.V.** (2022). The economic modeling development. An econometric aspect. *Economics and Mathematical Methods*, 58, 2, 32–42. DOI: 10.31857/S042473880020013-3