

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕСОВЕРШЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ В МНОГОСЕКТОРНОЙ ЭКОНОМИКЕ

А.В. Леонидов, Е.Е. Серебряникова

Представлена макроэкономическая модель динамики на реальном графе «затраты — выпуск», отличительная особенность которой состоит в наличии несовершенной конкуренции на рынке труда и рынке товаров и услуг. В рамках модели проанализировано воздействие на экономическую систему реальных и номинальных шоков. Показано, что отклик системы на реальные шоки схож с откликом в моделях с совершенной конкуренцией и определяется центральностью PageRank графа. Отмечено, что воздействие номинальных шоков не зависит от показателя PageRank, но в краткосрочной перспективе приводит к значительным флуктуациям реальных показателей и согласованности динамики секторов.

Ключевые слова: сеть «затраты — выпуск», несовершенная конкуренция, шок, компьютерная симуляция.

ВВЕДЕНИЕ

Длительное время в экономической теории господствовало представление о том, что значительные колебания агрегированных показателей не могут быть следствием шоков, происходящих на уровне отдельных фирм (или секторов) [1]. Такое утверждение основано на предположении о независимости и однородности фирм и, как следствие, возможности применения центральной предельной теоремы. Однако в реальности распределение размеров фирм может иметь «тяжелые хвосты», что служит одной из причин распространения микрошоков [2]. Кроме того, фирмы гетерогенные и взаимосвязанные, что также может опровергнуть приведенную гипотезу. Так, одна из причин наблюдаемых критических явлений — наличие производственных цепочек, не позволяющих считать фирмы независимыми [3, 4]. Эти аргументы обуславливают необходимость учета характеристик реальных секторов и связей между ними, возникающих в процессе производства.

Пожалуй, наилучший способ описания таких связей — это представление их в виде графа «затраты — выпуск», в котором узлы — это секторы экономических систем, а ребра — потоки товаров и услуг, используемых секторами для производства собственной продукции. Таблицы «затраты —

выпуск», представляющие собой матрицы смежности описанного графа, регулярно публикуются статистическими агентствами разных стран, что позволяет исследовать динамику показателей в моделях на реальных сетях.

В такой постановке задача описания динамики экономической системы становится задачей исследования распространения воздействий разного рода на заданном графе «затраты — выпуск».

В литературе представлен целый ряд примеров моделей, отличительная особенность которых заключается в описании взаимодействия между секторами в форме сети «затраты — выпуск» [5–11]. Основным результатом исследования влияния топологии сети на динамику показателей в моделях такого рода состоит в том, что, в предположении о наличии только независимых экзогенных технологических шоков, динамика выпуска отраслей определяется центральностью PageRank графа «затраты — выпуск» [5, 7]. Однако слабая сторона таких моделей заключается в недооценке взаимосвязей между секторами. Данный факт следует как из оценок, полученных в работе [9], так и из дополнительных аргументов, приведенных в настоящей работе. Одной из возможных причин такой недооценки служит предположение о наличии совершенной конкуренции на всех рынках. Реалистичность этой предпосылки может быть поставлена



под сомнение, поскольку транзакции на многих рынках носят скорее монополистический или олигополистический характер, что обуславливает интерес исследования динамики распространения возмущений в модели на сети «затраты — выпуск» в условиях несовершенной конкуренции.

В настоящей работе построена модель взаимодействия секторов на сети «затраты — выпуск», главное отличие которой от моделей [5—11] заключается в предположении наличия несовершенной конкуренции на товарном рынке, а также на рынке труда. В рамках этой модели анализируется отклик системы на внешние реальные (технологические) и номинальные (монетарные) шоки. Показано, что отклик системы на реальные шоки схож с откликом в моделях с совершенной конкуренцией и определяется центральностью PageRank. Вместе с тем, в случае анализа отклика выпуска разных секторов на монетарные шоки такой зависимости уже не наблюдается, но проявляется другой интересный эффект, состоящий в том, что динамика выпуска секторов становится более согласованной. Кроме того, было установлено, что динамика в модели существенно зависит от начальных условий.

Структура работы: в § 1 представлено краткое описание подходов к моделированию многосекторной экономики в рамках совершенной конкуренции; § 2 посвящен построению динамической многосекторной макроэкономической модели несовершенной конкуренции на реальном графе «затраты — выпуск»; результаты симуляций, полученные в рамках указанной модели, представлены в § 3; краткие выводы и дополнительные замечания приведены в Заключение.

1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЭКОНОМИКИ НА СЕТИ «ЗАТРАТЫ — ВЫПУСК»

Как отмечалось во Введении, в литературе представлен ряд работ, посвященных моделированию экономики на реальном графе «затраты — выпуск». Их авторы исходят из предположения наличия совершенной конкуренции на всех рынках. Одной из первых работ такого рода является статья [11], в которой описывается «экономика Робинзона Крузо» с одним репрезентативным потребителем и N разными секторами, связи между которыми задаются сетью «затраты — выпуск». Произведенная каждым сектором продукция используется, во-первых, в конечном потреблении, а во-вторых, для производства отраслями выпуска следующего периода (промежуточное потребление). Все решения относительно производства и потребления принимаются в этой задаче потребителем, решаю-

щим задачу максимизации своей ожидаемой полезности. Модели, описанные в работах [5—10], являются развитием модели Long & Plosser и построены в тех же предположениях. Один из главных результатов исследования динамики в этих моделях состоит в утверждении, что распространение реальных (технологических) шоков отдельных отраслей описывается центральностью PageRank [5, 7] сети «затраты — выпуск».

Центральность PageRank является развитием идеи центральности Bonacich [12], заключающейся в предположении, что ранг сектора тем больше, чем больше центральность его соседей. Пусть $\mathbf{A} = \{A_{ij}\}_{i=1, \dots, N, j=1, \dots, N}$ — матрица смежности графа (не обязательно симметричная). Предполагается, что изначально ранги всех узлов одинаковы: $x_i = 1, i = 1, \dots, N$. На следующей итерации

определим $x'_i = \sum_j A_{ij}x_j$. Повторяя аналогичную процедуру далее, на шаге t алгоритма получим: $\mathbf{x}(t) = \mathbf{A}^t \mathbf{x}(0)$. Как показано в работе [13], при $t \rightarrow \infty$ верно соотношение $\mathbf{A}\mathbf{x} = k_1 \mathbf{x}$, где k_1 — наибольшее собственное значение матрицы \mathbf{A} .

Отметим, что значение центральности Bonacich отлично от нуля только для вершин, находящихся в сильно связной компоненте графа [13]. Поэтому рассматривают модификацию этой процедуры — центральность Katz, идея вычисления которой заключается в добавке некоторой величины, одинаковой для всех вершин: $x_i = d \sum_j A_{ij}x_j + \beta$,

где d и β — положительные константы. В этом случае вершина «передает» весь свой ранг каждому из своих соседей. Нетрудно понять, что в случае большого числа соседей такой подход может приводить к трудно интерпретируемым результатам. Более корректно было бы считать, что ранг делится поровну между соседями или, в случае взвешенного графа с матрицей весов $\mathbf{Z} = \{Z_{ij}\}_{i=1, \dots, N, j=1, \dots, N}$, распределяется по соседям в соответствии с весами ребер. А формально, вычисляется по формуле

$$x_i = d \sum_j \frac{Z_{ij}}{\sum_k Z_{kj}} x_j + \beta = d \sum_j \gamma_{ij} x_j + \beta$$

или, в результате,

$$\mathbf{x} = \beta(\mathbf{I} - d\mathbf{\Gamma})^{-1} \mathbf{1},$$

где $\mathbf{\Gamma} = \{\gamma_{ij}\}_{i=1, \dots, N, j=1, \dots, N}$ — нормированная по столбцам матрица связности того же графа, $\mathbf{1}$ — вектор с единичными компонентами. Такой метод определения рангов узлов известен как центральность PageRank.

В работе [7] показано, что равновесие как в статической модели, представленной в работе [5], так

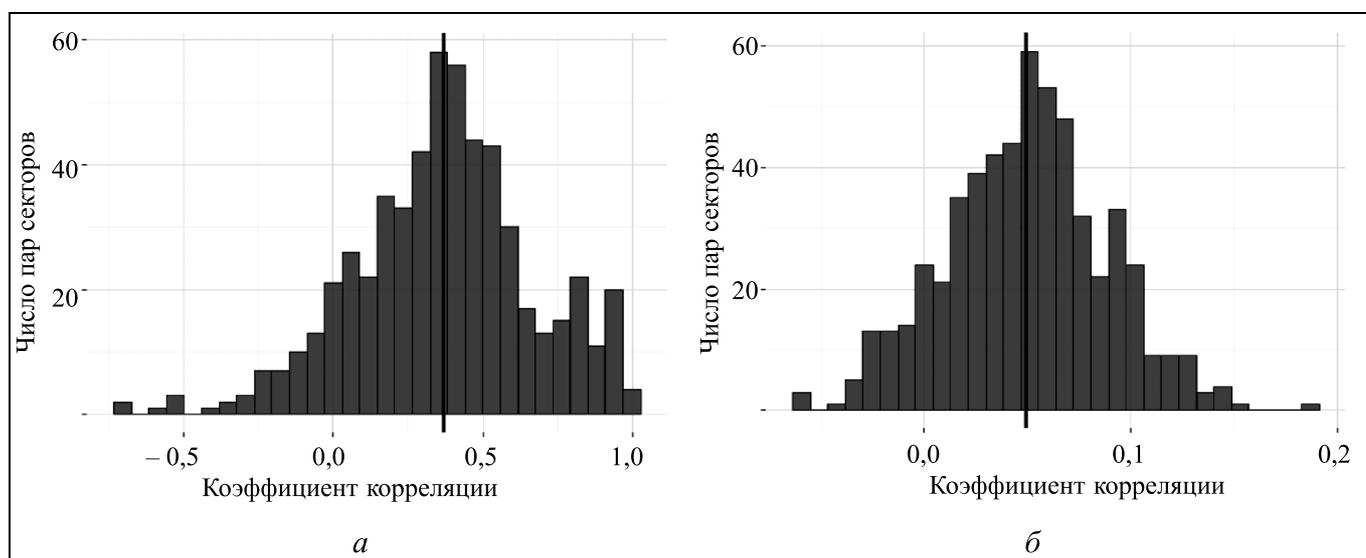


Рис. 1. Гистограммы распределения попарных корреляций темпов роста выпуска секторов:

a — реальные данные World Input-Output Database (WIOD, данные РФ, годовая периодичность, 34 сектора, 1995–2009 гг.); *b* — проведенные симуляции в модели Long & Plosser с реальной матрицей РФ 1995 г. (WIOD)

и в динамических моделях с совершенной конкуренцией [6, 8–10] определяется значением показателя PageRank с матрицей Γ , равной нормированной матрице «затраты — выпуск», а $d = 1 - \alpha$, где α — эластичность выпуска по труду.

Недостаток моделей с совершенной конкуренцией заключается в недооценке взаимосвязи между секторами. Данное утверждение следует из оценок работы [9] и может быть продемонстрировано при помощи гистограммы распределения попарных корреляций между темпами роста секторов. Так, на рис. 1 продемонстрировано распределение таких корреляций в реальных данных РФ (World Input-Output Database [14]) и в симуляциях, проведенных по модели Long & Plosser на том же графе. Отметим, что реальная гистограмма значительно смещена относительно модельной. Так, среднее значение попарных корреляций темпов роста выпуска секторов в данных — 0,37, а в модели Long & Plosser — 0,04. Кроме того, в проведенных симуляциях было установлено, что гистограммы распределения попарных корреляций темпов роста выпуска секторов в моделях [5–10] аналогичны гистограмме на рис. 1, б.

Можно предположить, что такая недооценка взаимозависимости секторов связана с отсутствием явного ценового механизма. Описать формирование цен в модели можно несколькими способами. Прежде всего, в рамках совершенной конкуренции можно рассмотреть ценообразование в модели Эрроу — Дебре [15] (так называемый вальрасовский подход), предположив существование некоего «аукционера», устанавливающего цену, ба-

лансирующую спрос и предложение¹. Далее, можно предположить наличие некоторой монополистической власти у агентов, т. е. перейти к моделям с несовершенной конкуренцией [16–25]. Ряд альтернативных методов введения явной динамики цен был предложен в агентных моделях [26, 27]. С учетом критики вальрасовского подхода [16] далее будет предложена многосекторная динамическая модель с несовершенной конкуренцией, имеющая агентное описание.

2. МОДЕЛЬ НЕСОВЕРШЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ НА СЕТИ «ЗАТРАТЫ — ВЫПУСК»

Данная модель предполагает описание взаимодействия N производителей (секторов, находящихся в вершинах графа) и N потребителей в дискретном времени на заданной сети «затраты — выпуск». Каждый потребитель является репрезентативным работником одной отрасли. Производители максимизируют прибыль от продажи своей продукции потребителям (конечное потребление) и другим секторам (промежуточное потребление). Поток промежуточного потребления определяется сетью «затраты — выпуск». Прибыль компаний распределяется всем потребителям в соответствии с их долями в капитале компаний. Отличительная особенность данной модели заключается в том, что производители не только выбирают оптимальный

¹ Такой же результат может быть получен без предположения о наличии «аукционера», но благодаря утверждению, что агенты обладают полной информацией друг о друге.



для себя объем выпуска и количество факторов производства, но и устанавливают цену на собственную продукцию и заработную плату, действуя, таким образом, в условиях несовершенной конкуренции. Для реализации такой стратегии производители должны иметь представление о кривых спроса на продукцию и предложения труда.

Для описания кривых спроса (и, аналогично, предложения труда) в рамках моделей общего равновесия с несовершенной конкуренцией выделяются два подхода: с объективной или субъективной функцией спроса. Первый из них, предполагающий знание агентами вида подлинной кривой спроса, сопряжен с определенными трудностями, связанными с доказательством существования равновесия даже в статическом случае [17–20], где для доказательства необходимо накладывать нереалистичные ограничения на вид функции прибыли (подробнее см. работу [21]). В рамках второго подхода предполагается, что производитель имеет лишь некоторые догадки относительно формы реальной кривой спроса. Существование равновесия в этом случае было показано в работе [22], но в литературе отмечается, что характеристики равновесия сильно зависят от вида догадок фирм [23, 24], поэтому описание соответствующего механизма должно быть реалистичным [25]. Идея работы заключается в переходе к динамическому рассмотрению с учетом субъективных кривых спроса, вид которых оценивается по имеющейся статистике. Представленная далее модель служит развитием этого подхода в терминах описанных выше моделей с совершенной конкуренцией на фиксированном графе «затраты — выпуск».

Полное описание модели проще всего дать в виде алгоритма — последовательности решений, принимаемых агентами, находящимися в узлах сети.

1. Момент времени t : к этому моменту каждая фирма i обладает запасом Y_{it} произведенных товаров, готовых к реализации.

2. Каждый производитель имеет некоторое представление о виде кривой спроса. Предположим, что догадки i -го производителя описываются соотношением

$$\frac{D_{it}}{\bar{Y}_{it-1}} = \xi_{it} \left(\frac{P_{it}/P_{t-1}}{P_{it-1}/P_{t-2}} \right)^{-\eta},$$

где D_{it} — спрос на продукцию, \bar{Y}_{it-1} — доступная информация о спросе D_{it-1} в предыдущем периоде (формальное определение этой величины дано далее в п. 7 алгоритма), P_{it} — цена продукции,

$P_t = \left(\prod_{i=1}^N P_{it} \right)^{1/N}$ — общий уровень цен, ξ_{it} — параметр, оцениваемый в каждом периоде по имею-

щейся статистике (формальное описание представлено в п. 7 алгоритма), η — фиксированный параметр. Исходя из этого, производитель может установить цену P_{it} на уже произведенный выпуск Y_{it} по формуле

$$P_{it} = \left(\frac{\xi_{it} \bar{Y}_{it-1}}{Y_{it}} \right)^{1/\eta} P_{it-1}.$$

3. Зная цены P_{kt} , $k = 1, \dots, N$, каждая фирма планирует свое производство в следующем периоде, решая задачу максимизации ожидаемой прибыли следующего периода

$$\begin{aligned} \Pi_{it+1} &= P_{it+1} Y_{it+1} - w_{it} L_{it} - \sum_{k \in S_i} P_{kt} X_{kit} \rightarrow \\ &\rightarrow \max_{P_{it+1}, Y_{it+1}, X_{kit}, L_{it}, w_{it}, k \in S_i}, \end{aligned} \quad (1)$$

с учетом производственной функции

$$Y_{it+1} = A_{it+1} L_{it}^{\alpha} \left(\prod_{k \in S_i} X_{kit}^{\gamma_{ki}} \right)^{1-\alpha}, \quad (2)$$

и субъективных кривых спроса

$$\frac{Y_{it+1}}{Y_{it}} = \xi_{it} \left(\frac{P_{it+1}/P_t}{P_{it}/P_{t-1}} \right)^{-\eta}, \quad (3)$$

и предложения труда

$$L_{it} = \zeta_{it} (w_{it}/P_t)^{\kappa}, \quad (4)$$

где w_{it} — заработная плата сотрудника сектора i ; X_{kit} — промежуточное потребление товаров сектора k , S_i — множество поставщиков сектора i ; L_{it} — труд потребителя; материальные потоки между секторами в модели характеризуются сетью «затраты — выпуск», определяемой нормированной по столбцам матрицей смежности графа $\Gamma = \{\gamma_{ij}^i, j = 1, \dots, N\}$; A_{it+1} — совокупная факторная производительность (СФП); ξ_{it} и ζ_{it} — оцениваемые параметры субъективных кривых, α , η , κ — параметры модели. Результат решения этой задачи — спрос на промежуточные факторы X_{kit}^{demand} и труд L_{kt}^{demand} , а также уровень заработной платы w_{kt} .

4. Зная уровень заработной платы w_{jt} , цен текущего периода P_{kt} , $k = 1, \dots, N$, доходов предыдущего периода и имея ожидания относительно цен ($P_{kt+s} = P_{kt}, \forall s > 0$) и доходов следующих периодов ($w_{jt+s} = w_{jt}, \Pi_{kt+s-1} = \Pi_{kt-1}, \forall s > 0$), потребитель решает задачу максимизации ожидаемой полезности

$$\begin{aligned} U_{jt} &= E_t \sum_{s=0}^{\hat{T}} \beta^s u_{jt+s} (C_{jt+s}, L_{jt+s}) \rightarrow \\ &\rightarrow \max_{C_{jt+s}, L_{jt+s}, s \geq 0, i = 1, \dots, N} \end{aligned}$$

при бюджетных ограничениях

$$\sum_{i=1}^N P_{it} C_{ijt} = w_{jt-1} L_{jt-1} + \sum_{i=1}^N \phi_{ji} \Pi_{it-1} + S_{jt-1},$$

$$\sum_{i=1}^N P_{it+s} C_{ijt+s} = w_{jt+s-1} L_{jt+s-1} + \sum_{i=1}^N \phi_{ji} \Pi_{it+s-1},$$

$$s > 0,$$

в предположении, что u_{jt} определяется соотношением

$$u_{jt} = \sum_{i=1}^N \theta_{ji} \log(C_{jit}) - \psi_j L_{jt}^2, \quad \sum_{i=1}^N \theta_{ji} = 1,$$

где $u_{jt}(\cdot)$ — мгновенная функция полезности потребителя j , $C_{jt} = (C_{1jt}, \dots, C_{Njt})$ — вектор потребления товаров соответствующих секторов, β — норма дисконтирования, ϕ_{ji} — доля потребителя j в прибыли компании i , S_{jt} — остаток неизрасходованных средств потребителя j к моменту времени t , \hat{T} — горизонт планирования потребителя. Таким образом, в результате решения этой задачи определяется спрос на конечное потребление и предложение труда: C_{ijt}^{demand} ($\forall i, j = 1, \dots, N$) и L_{jt}^{supply} .

5. На рынке труда происходят транзакции по правилу $L_{it} = \min(L_{jt}^{supply}, L_{jt}^{demand})$.

6. Транзакции на товарном рынке: $X_{ijt} = \min(X_{ijt}^{demand}, Y_{jt} X_{ij}^{demand} / D_{jt})$, $C_{ijt} = \min(C_{ijt}^{demand}, Y_{jt} C_{ij}^{demand} / D_{jt})$, где D_{jt} — совокупный спрос на продукцию фирмы j .

7. Исходя из реальных продаж, фирмы рассчитывают прибыль предыдущего периода, запасы собственной продукции, переоценивают кривые спроса на свои товары и предложения труда. Переоценка заключается в оценке параметров в линейных регрессиях

$$\ln \bar{Y}_{it} = \ln \bar{Y}_{it-1} + a_i - \eta(\ln P_{it} - \ln P_{t-1} - \ln P_{it-1} + \ln P_{t-2}), \quad \xi_{it} = \exp(\hat{a}_i),$$

$$\ln \bar{L}_{it} = b_i + \kappa(\ln w_{it} - \ln P_{it}), \quad \zeta_{it} = \exp(\hat{b}_i)$$

по последним \bar{T} точкам. При этом под \bar{Y}_{it} понимается информация о спросе в прошлых периодах. Понятно, что в случае профицита товаров в момент времени $t-1$ фирма точно знает, каким был объем спроса на ее продукцию, в этом случае $\bar{Y}_{it} = Y_{it}$. Однако в случае дефицита фирме может быть не известен реальный объем спроса, поэтому можно

сказать, что $\bar{Y}_{it} = Y_{it} + D(D_{it} - Y_{it})$, $\Delta \in [0, 1]$, где Δ характеризует объем доступной информации².

8. Происходит распределение прибыли компаний потребителям и оценка сбережений. Убыток переносится компанией на следующий период.

9. Реализуется значение СФП.

10. Исходя из реально приобретенного количества факторов и с учетом нового значения СФП осуществляется производство нового выпуска. Нераспроданные остатки продукции переходят в следующий период в неизменном виде.

11. Для момента времени $t+1$ процедура повторяется.

Отметим, что из условий первого порядка задачи (1)–(4) следует соотношение на желаемые объемы затрат производителей на промежуточные факторы производства:

$$X_{kit} P_{kt} = (1 - 1/\eta)(1 - \alpha) \gamma_{ki} Y_{it+1} P_{it+1}, \quad (5)$$

т. е. верно соотношение для определения желаемой доли затрат i -го сектора на продукцию k -го сектора в суммарных затратах на промежуточные факторы:

$$\frac{X_{kit} P_{kt}}{\sum_{j \in S_i} X_{jit} P_{jt}} = \gamma_{ki}.$$

Иначе говоря, в случае отсутствия дефицита на товарном рынке, а также при условии отсутствия каких-либо шоков, доля затрат i -го сектора на k -й фактор определяется величиной γ_{ki} . Значит, структура матрицы «затраты — выпуск» в этом случае сохраняется, что оправдывает введение в модель сети «затраты — выпуск» путем задания величин γ_{ij} в производственной функции Кобба — Дугласа (2).

В следующем параграфе описаны результаты численного анализа динамики в модели, определяемой рассмотренным алгоритмом, на реальной сети «затраты — выпуск» России.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Используемые данные

В качестве начальных данных в симуляциях использовались статистические данные World Input-Output Database для РФ (34 сектора, годовая периодичность данных, 1995—2009 гг.). Для вычисления первых значений ζ_{it} и ξ_{it} необходимо иметь три точки наблюдений, поэтому были взяты данные с

² Аналогичное значение имеет \bar{L}_{it} , однако далее будет рассматриваться лишь ситуация, когда $\bar{L}_{it} = L_{it}^{supply}$.

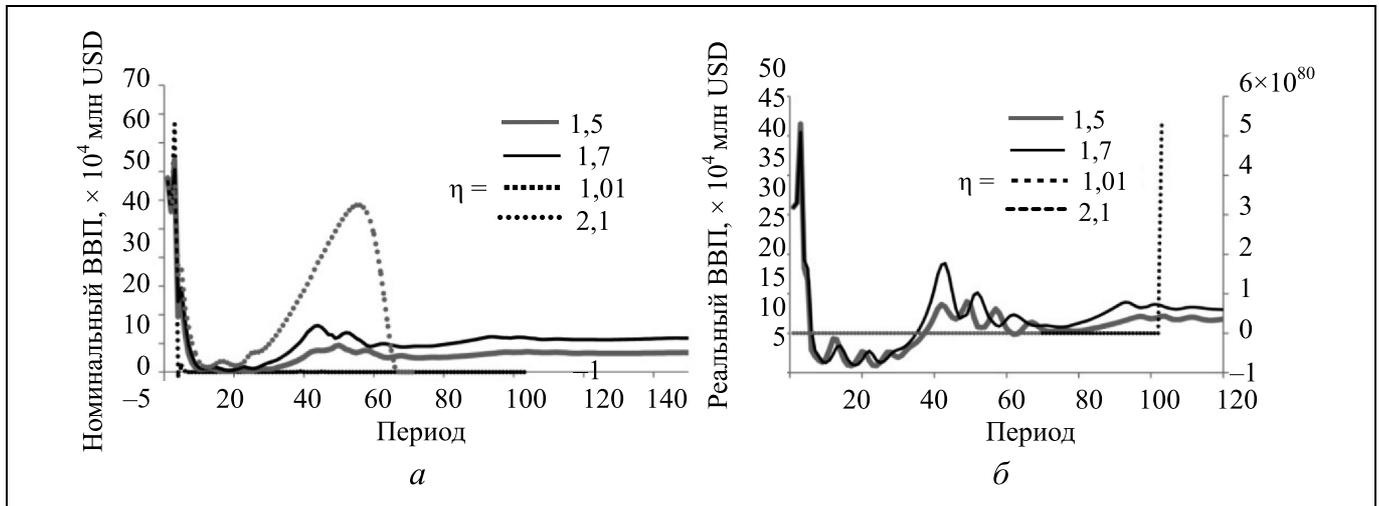


Рис. 2. Динамика реального (а) и номинального (б) ВВП в отсутствие шоков при разных значениях параметра η и фиксированных значениях $\kappa = 0,5$, $\Delta = 0,1$. Пунктирные кривые соответствуют случаям, когда ВВП не выходит на постоянный, отличный от нуля уровень (в случае номинального ВВП значения ординат этих кривых указаны на правой оси). Начальные данные заданы в ценах 1995 г., последующие значения модельные

1995 по 1997 г. (первые доступные годы в этой базе данных). В качестве начальных значений Y_{it} и D_{it} использовались значения выпуска секторов в ценах 1995 г. Цены P_{i0} для всех секторов считались равными единице, для остальных моментов времени $P_{it} = P_{it-1}\pi_{it}$, где π_{it} — индекс изменения цен сектора i . Уровень занятости считался равным числу отработанных часов. Количество промежуточных факторов определялось из таблицы «затраты — выпуск». Значение СФП выбиралась так, чтобы выполнялось соотношение (2). Значения параметров θ_{it} соответствуют доле затрат на конечное потребление продукции сектора i в совокупном объеме затрат на конечное потребление. Период \bar{T} оценок фирм считался равным 12 (1 год, если считать такт модели равным месяцу), $\alpha = 0,3$, $\beta = 0,99$, $\phi_{ij} = 1/N$ ($i, j = 1, \dots, N$).

3.2. Динамика в отсутствие внешнего воздействия

Рассмотрим динамику агрегированных показателей в модели в отсутствие каких-либо шоков, в частности, в случае, когда СФП постоянна. В ходе численных экспериментов было обнаружено, что динамика показателей существенно зависит от соотношения эластичностей субъективных кривых спроса на продукцию по цене и предложения труда по заработной плате (η и κ соответственно), а также крайне важно, какой объем информации об уровне реального спроса доступен фирме (Δ). На рис. 2 приведена динамика показателей при фиксированных значениях параметров κ и Δ и варьи-

рующемся значении η . В этом случае динамика ВВП выходит на постоянный, отличный от нуля, уровень лишь в ограниченном диапазоне значений η . Аналогичная ситуация наблюдается в случае фиксации других пар параметров и варьирования третьего. Важно, однако, заметить, что в случае выхода динамики на постоянный уровень в системе наблюдается баланс спроса и предложения, а это значит, что соотношение (5) выполняется, т. е. генерируемые в равновесии потоки промежуточного потребления действительно соответствуют весам реальной матрицы «затраты — выпуск».

Для оценки влияния начальных условий на динамику показателей, помимо симуляций с реальными начальными условиями, проводились также численные эксперименты с реальной матрицей «затраты — выпуск» и равномерными начальными условиями (одинаковые объемы выпуска и цены для всех секторов). В таблице приведены допустимые диапазоны значений параметров³ для обоих случаев. Разница этих диапазонов служит свидетельством того, что начальные условия могут оказывать существенное влияние на динамику в модели. Кроме того, были проведены численные эксперименты с модельными сетями и равномерными начальными условиями (независимые секторы, In-star — звезда с центральным потребителем, Out-star — звезда с центральным поставщиком, кольцо, полный граф). Допустимые диапазоны

³ Здесь и далее под допустимым диапазоном значений параметров понимается диапазон значений, при которых ВВП выходит на постоянный, отличный от нуля, уровень.

**Допустимые диапазоны значений параметров
при использовании матрицы «затраты — выпуск»
РФ WIOD 1995 г. в модели с несовершенной конкуренцией**

Фиксированные параметры	$\eta = 2$ $\kappa = 0,5$	$\Delta = 0,1$ $\kappa = 0,5$	$\Delta = 0,1$ $\eta = 2$
Варьируемый параметр	Δ	η	κ
Реальные начальные условия	[0,01;0,25]	[1,2; 2]	[0,01;0,9]
Равномерные начальные условия	[0; 0,18]	[1,1; 2]	Не менее 0,1

значений параметров для этих примеров оказались схожими со случаем равномерных значений в таблице.

3.3. Воздействие внешних независимых реальных шоков

Выше была рассмотрена динамика реального и номинального ВВП в условиях отсутствия шоков, в то время как основная цель данной работы заключается в анализе характера воздействия на систему различных возмущений. В качестве таких возмущений в литературе чаще всего рассматривается влияние на экономику шоков двух типов: реальных и номинальных. В рамках рассматриваемой модели реальными шоками являются независимые экзогенные шоки совокупной факторной производительности отдельных секторов (A_{kt} , $k = 1, \dots, N$), а номинальные шоки связаны с изменением объема денежной массы в экономике.

Под шоком СФП понимается событие, при котором в определенный момент времени t^* СФП одного из секторов (k) испытывает то или иное воздействие: $A_{kt^*} = \lambda_{kt} A_{kt^*-1}$, $\lambda_{kt} > 0$; $A_{kt} = A_{kt^*}$, $t > t^*$.

Иллюстрация отклика совокупного реального ВВП экономики на отрицательный 5 %-й шок СФП одного из секторов (сектора 1, $\lambda_{1t} = 0,95$) в рассматриваемой модели приведена на рис. 3. Помимо этого, на том же рисунке для сравнения приведен отклик реального ВВП на аналогичное возмущение в модели Long & Plosser. Можно отметить, что в исследуемой модели отклик реального ВВП превосходит отклик в модели Long & Plosser. Кроме того, в модели с несовершенной конкуренцией отклик сопровождается значительными флуктуациями, в отличие от совершенно-конкурентной модели Long & Plosser. Важно также отметить, что на номинальный ВВП реальные шоки оказывают воздействие только в краткосрочной перспективе.

Однако, в целом, отклик на реальные шоки в рассматриваемой модели во многом схож с откликом в моделях с совершенной конкуренцией. Как уже отмечалось выше, для моделей с совершенной конкуренцией размер отклика системы на

шоки отдельных секторов определяется центральностью PageRank. Как показано на рис. 4, размер отклика в модели с несовершенной конкуренцией также, по существу, определяется значением показателя PageRank сектора и определяет влияние топологии графа «затраты — выпуск» на динамику в модели.

Кроме того, если задать шоки в форме $A_{it} = A_{it-1} \exp(\varepsilon_{it})$, $\varepsilon_{it} \sim i.i.d.N(0, \sigma_\varepsilon^2)$, то корреляции между темпами роста выпуска секторов будут по-прежнему сильно занижены, а гистограмма будет иметь вид схожий с гистограммой в модели Long & Plosser (см. рис. 1, б)).

3.4. Воздействие внешних номинальных шоков

Как отмечалось ранее, кроме реальных шоков, интерес представляет рассмотрение монетарных

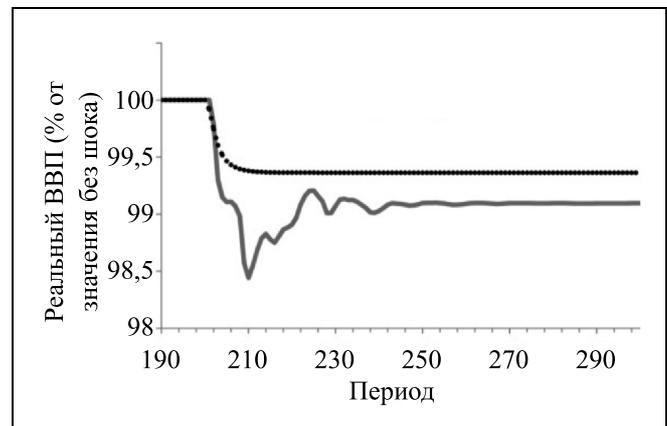


Рис. 3. Отклик реального ВВП на 5 %-й отрицательный шок СФП сектора 1:

— модель с несовершенной конкуренцией; модель Long & Plosser

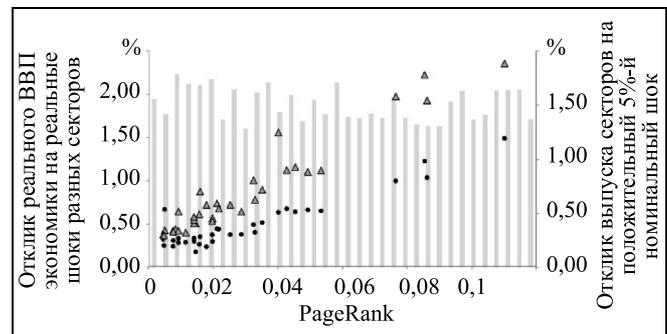


Рис. 4. Соотношение между откликом реального ВВП на 5 %-е шоки разного рода и показателем PageRank секторов в модели с несовершенной конкуренцией и в модели Long & Plosser:

■ номинальный шок (модель с несовершенной конкуренцией); ● реальные шоки (модель Long & Plosser); ▲ реальные шоки (модель с несовершенной конкуренцией)

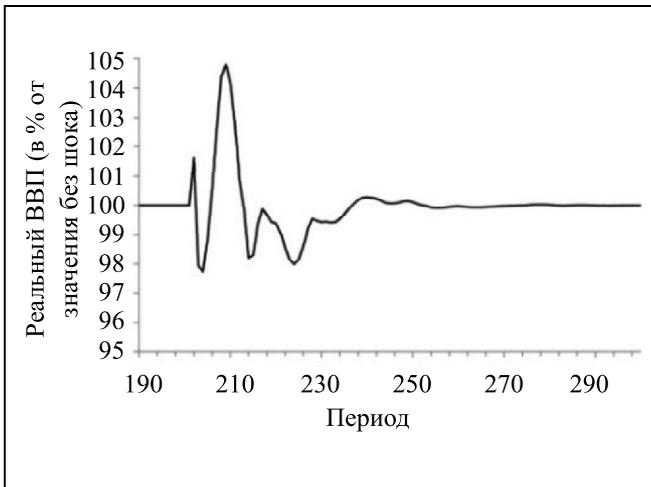


Рис. 5. Динамика реального ВВП в случае воздействия на систему 5 %-го положительного монетарного шока

шоков (номинальных). Модели с совершенной конкуренцией, рассмотренные в § 1, не дают возможности введения каких-либо номинальных возмущений, тогда как в модели с несовершенной конкуренцией можно предложить способ проведения анализа воздействия шоков такого рода.

Номинальным шоком будем называть случайное экзогенное изменение объема денежной массы в экономике, приводящее к изменению номинальных доходов потребителей. Пусть \tilde{I}_{it} — доход потребителя i , полученный за период времени $(t - 1, t)$, который может быть израсходован потребителем на потребление в периоде $(t, t + 1)$, т. е. определяемый соотношением $\tilde{I}_{it} = w_{it}L_{it} + \sum_{j=1}^N \phi_{ij}\Pi_{jt-1} + S_{it-1}$,

а $M_t = \sum_{i=1}^N M_{it}$ — некоторый объем денежных средств, изымаемый или вливаемый в экономику. Будем считать, что $M_{it} = (\exp(\mu_t) - 1)\tilde{I}_{it}$. Тогда доход потребителя после воздействия шоков

$$I_{it} = \tilde{I}_{it} + M_{it} = \exp(\mu_t)\tilde{I}_{it}.$$

Иллюстрация отклика реального ВВП на единичный монетарный 5 %-й положительный шок ($M_{it} = 0$ при $t \neq t^*$ и $M_{it^*} = 1,05\tilde{I}_{it^*}$) приведена на рис. 5. Можно заметить, что в долгосрочной перспективе монетарный шок не оказывает влияния на реальные показатели, что согласуется с принципом нейтральности денег. Однако важно, что в краткосрочной перспективе монетарный шок индуцирует значительные флуктуации реального ВВП, являющиеся следствием отсутствия мгновенной подстройки цен в модели. На рис. 4 в виде столбчатой диаграммы представлена зависимость отклика выпуска разных секторов на 5 %-й положительный монетарный шок от показателя PageRank сектора. Отметим, что влияние монетарного шока на выпуск разных секторов может быть существенно разным, но это различие уже не определяется значением показателя PageRank, как в случае реальных шоков. Помимо единичных монетарных шоков интерес представляет рассмотрение шоков вида $\mu_t \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\mu^2)$. Оказывается, что при наличии шоков такого рода корреляции темпов роста выпуска секторов могут значительно вырасти. Причем размер смещения гистограммы распределения коэффициента корреляции определяется соотношением между волатильностями реальных (σ_ε) и номинальных (σ_μ) шоков (рис. 6).

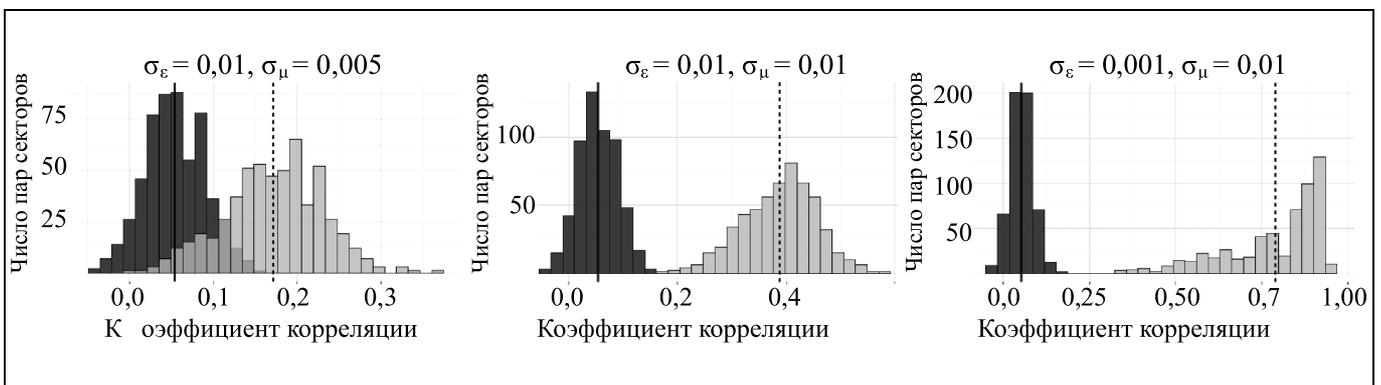


Рис. 6. Гистограммы распределения попарных корреляций между выпуском секторов при разном соотношении волатильности номинальных (σ_μ) и реальных (σ_ε) шоков:

▣ — модель Long & Plosser; ■ — модель с несовершенной конкуренцией

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построена модель динамики на реальном графе «затраты — выпуск», предполагающая существование принципиально иного механизма ценообразования, нежели описанные в литературе модели, заключающегося в предпосылке наличия несовершенной конкуренции. Такая модификация позволила исследовать отклик системы на внешние возмущения двух типов: независимых реальных технологических шоков отдельных секторов и номинальных шоков. Анализ показал, что характер воздействия производственных шоков на экономику схож с описанным в литературе. Как и в моделях с совершенной конкуренцией, в исследуемой модели отклик системы определяется топологией сети «затраты — выпуск» посредством центральности PageRank. Важный результат анализа монетарных шоков заключается в утверждении о том, что они могут быть одной из причин наблюдаемых высоких корреляций между темпами роста выпуска разных отраслей и, кроме того, в силу отсутствия мгновенной подстройки цен, приводить к существенным колебаниям реальных показателей в краткосрочной перспективе. Показано также, что существенное влияние на динамику показателей могут оказывать начальные условия в модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Lucas R.E.* Understanding business cycles // Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy. — 1977. — Vol. 5, N 1. — P. 7–29.
2. *Gabaix X.* The GRANULAR Origins of Aggregate Fluctuations // *Econometrica*. — 2011. — Vol. 79, N 3. — P. 733–772.
3. *Aggregate Fluctuations from Independent Sectorial Shocks: Self-Organized Criticality in a Model of Production and Inventory Dynamics* / P. Bak, et al. // *Ricerche Economiche*. — 1993. — Vol. 47. — P. 3–30.
4. *Credit chains and bankruptcy propagation in production networks* / S. Battiston, et al. // *Journal of Economic Dynamics and Control*. — 2007. — Vol. 31, N 6. — P. 2061–2084.
5. *The Network Origins of Aggregate Fluctuations* / D. Acemoglu, et al. // *Econometrica*. — 2012. — Vol. 80, N 5. — P. 1977–2016.
6. *Carvalho V.M.* Aggregate Fluctuations and the Network Structure of Intersectoral Trade // Working Papers (Universitat Pompeu Fabra. Departament de Economia y Empresa). — 2009. — N 1206. — 58 p.
7. *Carvalho V.M.* A survey paper on recent developments of input-output analysis // Complexity Research Initiative for Systemic Instabilities. — 2013. — 40 p.
8. *Dupor B.* Aggregation and irrelevance in multi-sector models // *Journal of Monetary Economics*. — 1999. — Vol. 43, N 2. — P. 391–409.
9. *Foerster A.T., Sarte P.-D.G., Watson M.W.* Sectoral versus Aggregate Shocks: A Structural Factor Analysis of Industrial Production // *The Journal of Political Economy*. — 2011. — Vol. 119, N 1. — P. 1–38.
10. *Horvath M.* Sectoral shocks and aggregate fluctuations // *Journal of Monetary Economics*. — 2000. — Vol. 45, N 1. — P. 69–106.
11. *Long J.B.J., Plosser C.I.* Real Business Cycles // *Journal of Political Economy*. — 1983. — Vol. 9, N 1 (1). — P. 39–69.
12. *Bonacich P.* Power and Centrality: A Family of Measures // *American Journal of Sociology*. — 1987. — Vol. 92, N 5. — P. 1170–1182.
13. *Newman M.E.J.* Networks. An Introduction. — Oxford: Oxford University Press, 2010. — P. 772.
14. *An Illustrated User Guide to the World Input-Output Database: the Case of Global Automotive Production* / Timmer M.P., et al. // *Review of International Economics*. — 2015. — Vol. 23. — P. 575–605.
15. *Arrow K.J., Debreu G.* Existence of an equilibrium for a competitive economy // *Econometrica*. — 1954. — Vol. 22, N 3. — P. 256–290.
16. *Benassy J.-P.* The Macroeconomics of Imperfect Competition and Nonclearing Markets. A Dynamic General Equilibrium Approach. — Cambridge: MIT Press, 2002. — P. 272.
17. *Marschak T., Selten R.* General equilibrium with price-making firms, Lecture notes in Economics and Mathematical Systems. — Springer, 1974. — 246 p.
18. *Nikaido H.* Monopolistic Competition and Effective Demand. — Princeton: Princeton University Press, 1975.
19. *Silvestre J.* General monopolistic equilibrium under non-convexities // *International Economic Review*. — 1977. — P. 425–434.
20. *Benassy J.-P.* The Objective Demand Curve in General Equilibrium with Price Makers // *The Economic Journal*. — 1988. — Vol. 98, N 390. — P. 37–49.
21. *Bonanno G.* General Equilibrium with Imperfect Competition // *Journal of Economic Surveys*. — 1990. — Vol. 4, N 4. — P. 297–328.
22. *Negishi T.* Monopolistic Competition and General Equilibrium. *The Review of Economic Studies*. — 1961. — Vol. 28, N 3. — P. 196–201.
23. *Gary-Bobo R.J.* Locally consistent oligopolistic equilibria are Cournot-Walras equilibria // *Economics Letters*. — 1986. — Vol. 23. — P. 217–221.
24. *Hart O.D.* Imperfect competition in general equilibrium: an overview of recent work // *Frontiers of Economics*. — 1985. — P. 100–149.
25. *Benassy J.-P.* The Disequilibrium Approach to Monopolistic Price Setting and General Monopolistic Equilibrium // *The Review of Economic Studies*. — 1976. — Vol. 43, N 1. — P. 69–81.
26. *Mandel A., Landini S.* Price dynamics, financial fragility and aggregate volatility // Centre d’Economie de la Sorbonne Documents de Travail du Relational Capability: A Multidimensional Approach. — 2012. — N 2013.76 — P. 106–112.
27. *Gualdi S., Mandel A.* On the emergence of scale-free production networks // *Journal of Economic Dynamics and Control*. — 2016. — Vol. 73. — P. 61–77.

Статья представлена к публикации членом редколлегии М.И. Гераскиным.

Леонидов Андрей Владимирович — д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН; г. Москва; руководитель магистратуры МАСЭП, Университет Дмитрия Пожарского, г. Москва, ✉ leonidov@lpi.ru,

Серебрянникова Екатерина Евгеньевна — аспирант, Московский физико-технический институт (государственный университет), г. Долгопрудный; мл. науч. сотрудник, Университет Дмитрия Пожарского, г. Москва, ✉ Ekaterina.serebryannikova@phystech.edu.