

Макроэкономика

Поведение экономических агентов с ограниченной рациональностью в полуоткрытой новой кейнсианской модели

Леонид Александрович Серков

ORCID: 0000-0002-3832-3978

Кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник,
Институт экономики Уральского отделения РАН (РФ, 620142, Екатеринбург, Московская ул., 29)
E-mail: serkov.la@uiec.ru

Аннотация

Статья посвящена анализу поведения экономических агентов с ограниченной рациональностью в новой кейнсианской модели, в которой импортное оборудование и технологии относятся к факторам производства отечественного товара, а домашние хозяйства потребляют только отечественную продукцию. Ожидания агентов базируются на основе стационарных значений разрыва выпуска и инфляции и на экстраполяции последних доступных данных об этих переменных. Весовые доли агентов, применяющих эти правила, изменяются эндогенно. Рассматриваются два вида агентов: фундаменталисты и экстраполяторы. Ожидания агентов-фундаменталистов базируются на основе стационарных значений разрыва выпуска и инфляции. Агенты-экстраполяторы используют в своих ожиданиях правило, в основе которого лежит экстраполяция последних доступных данных об инфляции и разрыве выпуска. Весовые доли агентов, применяющих эти правила, изменяются эндогенно, в результате чего возникают эндогенные волны оптимизма и пессимизма. Гистограммы частотного распределения степени жизнерадостности и импульсные отклики шоков монетарной политики на исследуемые переменные показывают, что менее открытая экономика склонна к экономическому циклу с меньшей амплитудой, чем более жесткая экономика. Анализ компромиссов между волатильностью инфляции и разрыва выпуска при различных значениях параметров в правиле Тейлора показал их нелинейный характер (в отличие от стандартных моделей с рациональными ожиданиями). Важный результат, полученный в настоящем исследовании, состоит в том, что гипотеза рациональных ожиданий в большей степени соответствует закрытой экономике, чем открытой. При анализе компромиссов выявлено, что стабилизация инфляции в моделях с ограниченной рациональностью ожиданий требует повышенной реакции процентной ставки по сравнению с аналогичной реакцией для модели с рациональными ожиданиями агентов. Полученные результаты могут быть полезными при проведении монетарной политики по стабилизации инфляции и разрыва выпуска. Особенно важными в практическом аспекте являются результаты анализа функций импульсного отклика и компромиссов между изменением объема выпуска и инфляции, которые позволяют монетарным властям выбирать между стабилизацией разрыва выпуска и уровнем инфляции.

Ключевые слова: когнитивные ограничения агентов, эндогенные волны оптимизма и пессимизма, степень жизненных сил.

JEL: D58.

Macroeconomics

Behavior of Economic Agents With Bounded Rationality in a Semi-open New Keynesian Model

Leonid A. Serkov

ORCID: 0000-0002-3832-3978

Cand. (Sci.), Associate Professor, Senior Research Fellow, Institute of Economics,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,^a e-mail: serkov.la@uiec.ru

^a29, Moskovskaya ul., Ekaterinburg, 620142, Russian Federation

Abstract

The purpose of the article is to analyze the behavior of economic agents with limited rationality in a New Keynesian model which postulates that imported equipment and technology are one of the factors of production and that households consume only domestic products. Economic agents' expectations are based on stationary values for the output gap and inflation and also on extrapolation of the latest available data on these variables. The weighted shares of agents applying these rules change endogenously. Histograms of the frequency distribution of the degree of optimism and the impulse responses of monetary policy shocks and technology shocks to the variables under study indicate that a less open economy tends to undergo an economic cycle with a smaller amplitude than a more rigid economy. An analysis of the trade-offs between inflation volatility and the output gap established their non-linear nature (in contrast to standard models with rational expectations). The results from analysis of trade-offs was that stabilization of inflation in models with limited rational expectations requires an increased interest rate reaction compared to a similar reaction for a model in which agents have rational expectations. The results obtained may be useful in designing monetary policy to stabilize inflation and output gaps.

Keywords: semi-open economy, agents' cognitive constraints, endogenous waves of optimism and pessimism, degree of vitality.

JEL: D58.

Acknowledgements

This study has been undertaken as part of the research plan of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

Введение

В последние десятилетия теоретические вклады в макроэкономику главным образом основывались на динамических стохастических моделях общего равновесия (DSGE-модели) с рациональными ожиданиями [An, Schorfheide, 2007; Kydland, Prescott, 1982]. Рациональные ожидания экономических агентов (потребителей и производителей) позволяют им использовать всю доступную информацию, заложенную в модели для прогнозирования [Muth, 1961; Sims, 2002]. Так как потребители и производители используют одну и ту же информацию, в модель вводится репрезентативность всех агентов и отсутствие неоднородности в поведении потребителей и производителей.

Однако финансовые кризисы показали необходимость ослабления гипотезы рациональных ожиданий и включения ограниченной рациональности агентов в модели общего равновесия [Adam, 2007; Andrade, Bihan, 2013; Cornea-Madeira et al., 2019; Hommes, 2021; Massaro, 2013].

В особых условиях, например в период антироссийских санкций со стороны недружественных стран, возникают проблемы с поставкой и использованием импортного оборудования и технологий в реальный сектор экономики. Поэтому представляет интерес исследование модели, в которой импортная составляющая наряду с трудом является фактором производства. При этом домашние хозяйства в силу санкций потребляют только отечественные товары и продукты. Основой подобной модели может стать новая кейнсианская модель [McCallum, Nelson, 2001]. В названной работе описана модель, в которой агенты осуществляют свою деятельность, руководствуясь рациональными ожиданиями. В модели, исследуемой в настоящей статье, экономические агенты делают прогнозы на основе ограниченной рациональности, что является естественным в санкционный период с турбулентными процессами в экономике.

Формирование ожиданий в новых кейнсианских моделях реализуется с помощью определенных правил для агентов, прогнозирующих разрыв выпуска и инфляцию цен. В этом контексте разрыв выпуска является сводным индикатором соотношения компонентов спроса и предложения в экономической деятельности. По сути, разрыв выпуска измеряет степень инфляционного давления в экономике и является связующим звеном между реальной частью экономики, которая производит товары и услуги, и инфляцией.

Исходя из сказанного, целью и научной новизной настоящей работы является анализ поведения экономических агентов с ограни-

ченной рациональностью в новой кейнсианской модели, в основе которой лежит модель, предложенная в [McCallum, Nelson, 2001]. Задачами исследования является анализ гистограмм частотного распределения степени жизненных сил и функций импульсного отклика моделей закрытой и более открытой экономик, а также анализ компромиссов между волатильностью инфляции и разрыва выпуска при различных значениях параметров в правиле Тейлора в этих моделях. Ожидания агентов в исследуемой модели базируются на основе стационарных значений разрыва выпуска и инфляции и на экстраполяции последних доступных данных об этих переменных.

Статья имеет следующую структуру: в первом разделе дается обзор литературы по исследуемой тематике, во втором описывается модель и механизм формирования ожиданий экономических агентов. В третьем и четвертом разделах приводятся результаты исследования и их обсуждение. Наконец, в заключении подводятся итоги исследования.

1. Обзор литературы

Эмпирические доказательства ограниченных когнитивных способностей агентов обнаружены в работах [Branch, 2004; Carroll, 2003; Frenkel, Froot, 1988]. Исследователи лишь недавно начали включать элементы поведенческой экономики в динамические макромоделли [Akville et al., 2020; Driscoll, Holden, 2014; Hommes, 2011].

Поведенческие модели, представленные в работах [De Grauwe, 2011; 2012a; 2012b], позволяют дать адекватное объяснение наблюдаемого нарушения нормального закона распределения разрывов выпуска. Агенты в описываемых моделях имеют когнитивные ограничения, что вынуждает их использовать простые правила (эвристики). Агенты-фундаменталисты предсказывают будущий разрыв выпуска и инфляцию на основе стационарных значений. Агенты-экстраполяторы используют для этого правило, основанное на экстраполяции последних доступных данных об инфляции и разрыве выпуска. Взаимодействие между этими агентами порождает за счет корреляций в убеждениях волны оптимизма и пессимизма, что является причиной эндогенных циклов, объясняющих бумы (при максимальном оптимизме агентов) и спады (при их крайнем пессимизме) в экономике. Таким образом, эти модели с когнитивными ограничениями позволяют объяснить бумы и спады в экономике. В процессе своего прогнозирования экономические агенты постоянно оценивают эффективность предсказаний и готовы при этом учиться на своих ошибках.

В поведенческой модели, описанной в [Annicchiarico et al., 2019], показано, что различия во взглядах в сочетании с ограничениями по заимствованиям, как правило, сдерживают экономический рост и порождают цепную реакцию, которая усугубляет рецессию. Эта модель является примером эндогенных кредитных циклов с расширением, серьезным спадом и стойким неравенством в распределении богатства. В модели, представленной в [Hommes et al., 2018], анализируется бюджетная консолидация с использованием новой кейнсианской модели, в которой агенты имеют гетерогенные ожидания. Авторы рассматривают консолидацию, основанную на расходах и налогах, и отдельно анализируют их влияние. Обнаружено, что эффекты консолидации и мультипликаторы выпуска чувствительны к неоднородности ожиданий до и после реализации конкретного бюджетного плана. В зависимости от представлений о типе консолидации до ее реализации показано, что неоднородность ожиданий может привести к оптимизму в экономике, улучшая, таким образом, выполнение конкретного финансового плана, или может работать в противоположном направлении, приводя к пессимизму и усиливая сдерживающий эффект консолидации.

В работах [Anufriev, Hommes, 2012; Hommes et al., 2019] вводится механизм отбора, который дисциплинирует выбор агентами соответствующей эвристики из набора правил в соответствии с критерием пригодности, что позволяет агентам учиться на прошлых ошибках

В подавляющем большинстве публикаций (в том числе и названных выше), анализирующих когнитивные ограничения агентов, единственным фактором производства является труд. Между тем в период санкций со стороны недружественных стран реальный сектор экономики остро нуждается в поставках и использовании импортного оборудования и технологий. Поэтому импортная составляющая как фактор производства должна присутствовать в моделях, описывающих подобную экономику. Автору настоящей статьи известна только одна подобная работа [McCallum, Nelson, 2001], описывающая модель, в которой агенты делают прогнозы с помощью рациональных ожиданий. Но санкционный период характеризуется неопределенностью, и поэтому представляет интерес рассмотрение модели из этой публикации с позиции ограниченной рациональности агентов.

Соотношение агентов с неограниченной рациональностью в различных работах является экзогенным или эндогенным. В [Branch, McGough, 2009; Carroll, 2003] исследуется изменяющееся во времени распределение агентов с дискретными (экзогенными) предикторами. В [Brock, Hommes, 1997] соотношение агентов-фундаменталистов и агентов-экстраполяторов является эндогенным. Эндогенный выбор предикторов в новых кейнси-

анских моделях используется также в [De Grauwe, 2011; 2012a; 2012b].

Кроме описанных выше подходов следует отметить и подход, основанный на динамике обучения агентов в макроэкономических моделях, впервые предложенный в [Sargent, 1993] и позже использованный в [Evans, Honkapohja, 2001]. Авторы этих работ доказали, что модели с ограниченно рациональными убеждениями обучающихся агентов более адекватно описывают экономическую динамику по сравнению с моделями с рациональными ожиданиями агентов.

Следует отметить и подходы к моделированию поведения экономических агентов, не связанные с оптимизацией прибыли фирм или полезности потребления, например агентоориентированный подход [Tesfatsion, 2006]. В частности, в работе [Samitas et al., 2018] с помощью этого подхода проанализированы последствия Брексита для банков Великобритании и Европейского союза. Полученные результаты свидетельствуют, что политикам следует принимать во внимание динамические последствия, которые могут быть вызваны переездом британских банков в ЕС после Брексита. При таком развитии событий негативные последствия для ЕС от Брексита будут смягчены.

Подавляющее большинство новых кейнсианских моделей, в которых исследуется поведение агентов с ограниченными рациональными ожиданиями, являются моделями с жесткими ценами. Но фактором для обоснования непредвиденного поведения экономических агентов могут быть также жесткие заработные платы. В этом плане интересна работа [Serkov, Krasnykh, 2023], в которой показано изменение поведения агентов при введении в модель этого вида рыночных несовершенств.

Таким образом, из приведенного обзора литературы следует, что анализ поведения экономических агентов в моделях с ограниченно рациональными ожиданиями является актуальным и требует дальнейшего изучения и апробации на различных моделях, в том числе тех, в которых импортная составляющая является фактором производства. Настоящее исследование посвящено именно такому анализу поведения экономических агентов в подобной модели.

2. Модель и поведение экономических агентов

Описание модели

Исследуемая модель является новой кейнсианской моделью с номинальными жесткими ценами. Более подробно содержание модели изложено в статье [McCallum, Nelson, 2001] и заключается

в следующем. Все модельные уравнения приведены в логлинеаризованном виде. Уравнение Эйлера получается при выборе домашними хозяйствами оптимальной траектории потребления и запасов активов. Агрегированное уравнение Эйлера¹ (в состоянии общего равновесия) для домашних хозяйств, полученное из условий первого порядка, имеет вид:

$$c_t = \tilde{E}_t c_{t+1} - b_1(R_t - \tilde{E}_t \pi_{t+1}) + \mu_t, \mu_t \sim N(0, \sigma_\mu^2), \quad (1)$$

где c_t — потребление домашних хозяйств, $\tilde{E}_t$ — оператор, характеризующий ограниченную рациональность агентов, b_1 — эластичность межвременного замещения, R_t — номинальная процентная ставка, π_t — ценовая инфляция, μ_t — шок потребления (шок вкусов).

Фирмы производят дифференцированную продукцию в зависимости от производственной функции следующего вида:

$$y_t = (1 - \alpha)(n_t + a_t) + \alpha \text{imp}_t, \quad (2)$$

где y_t — объем выпуска, α — доля импортной составляющей в производстве, a_t — производительность труда, изменяющаяся в соответствии с авторегрессионным законом (AR1) и характеризующая трудосберегающий прогресс, n_t — доля труда в объеме выпуска, imp_t — спрос на импорт.

При минимизации издержек спроса на импорт получаем уравнения:

$$\text{imp}_t = y_t - \sigma s_t, \quad (3)$$

$$s_t = e_t - p_t + p_t^*, \quad (4)$$

где σ — эластичность замещения между трудом и импортной составляющей в производимой отечественной продукции, s_t — реальный обменный курс, e_t — номинальный обменный курс валют двух стран, p_t , p_t^* — индексы потребительских цен.

Отметим, что все переменные, маркированные звездочками, относятся к зарубежной экономике.

Как и в уравнении (3), спрос на экспорт со стороны зарубежной экономики определяется:

$$\text{exp}_t = y_t^* + \sigma^* s_t^*. \quad (5)$$

¹ Логарифм потребительского агрегата $c_t = \ln C_t$, где $C_t = \left[\int_0^1 C_t(i)^{(\varepsilon_p - 1)/\varepsilon_p} \right]^{\varepsilon_p/(\varepsilon_p - 1)}$, i — индекс дифференцированных товаров, $i \in [0, 1]$, ε_p — эластичность замещения между этими товарами. Соответствующий индекс цен $P_t = \left[\int_0^1 P_t(i)^{(1 - \varepsilon_p)} \right]^{1/(1 - \varepsilon_p)}$.

Ресурсное ограничение для исследуемой модели имеет вид:

$$y_t = \omega_1 c_t + \omega_2 g_t + \omega_3 \exp_t, \quad (6)$$

где g_t — государственные расходы, изменяющиеся в соответствии с авторегрессионным законом (AR1), $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ — стационарные значения отношений соответствующих переменных к объему выпуска.

Как постулировали авторы работ [Calvo, 1983; Christiano et al., 2005], цены не являются гибкими. Это означает, что фирма-монополист может корректировать свои цены с вероятностью $1 - \theta_p$ независимо от других и от последующего ценообразования. Таким образом, часть $1 - \theta_p$ фирм-монополистов корректирует свои цены в период t , в то время как остальные фирмы-монополисты θ_p не могут корректировать свои цены и индексируют их соответствующим образом.

Решение динамической задачи оптимизации прибыли для фирм, корректирующих свои цены в период t , приводит к уравнению кривой Филлипса:

$$\pi_t = \beta \tilde{E}_t \pi_{t+1} + k_p x_t + u_t, \quad u_t \sim N(0, \sigma_u^2), \quad (7)$$

где x_t — разрыв выпуска между фактическим и стационарным значением, u_t — шок издержек, $k_p = \frac{\alpha \lambda_p}{(1 - \alpha)}$, $\lambda_p = \frac{(1 - \theta_p)(1 - \beta \theta_p)}{\theta_p} \times \frac{(1 - \alpha)}{(1 - \alpha + \alpha \varepsilon_p)}$, ε_p — эластичность замещения дифференцированных товаров, выпускаемых фирмами.

Замыкает систему уравнение для номинальной процентной ставки R_t (правило Тейлора):

$$R_t = \phi_\pi \pi_t + \phi_y x_t + \eta_t, \quad \eta_t \sim N(0, \sigma_\eta^2), \quad (8)$$

где η_t — шок монетарной политики.

Для удобства анализа редуцируем систему уравнений (1)–(8) к двум уравнениям, соответствующим уравнению спроса IS и кривой Филлипса.

Так как в уравнении для кривой Филлипса фигурирует разрыв выпуска, то, используя уравнение (1) и уравнение (6) (ресурсное ограничение), запишем уравнение Эйлера для переменной «разрыв выпуска» в виде:

$$x_t = \tilde{E}_t x_{t+1} - \omega_1 b_1 (R_t - \tilde{E}_t \pi_{t+1} - r_t^n) - \omega_2 (\tilde{E}_t g_{t+1} - g_t) - \omega_3 (\tilde{E}_t y_{t+1}^* - y_t^*) - \omega_3 \sigma^* (\tilde{E}_t s_{t+1} - s_t) + \mu_t,$$

где $r_t^n = (1/b_1) \tilde{E}_t \Delta y_{t+1}^n$ — натуральная процентная ставка, зависящая от равновесного объема выпуска при гибких ценах.

Учитывая, что

$$\tilde{E}_t s_{t+1} - s_t = (R_t - \tilde{E}_t \pi_{t+1}) - (R_t^* - \tilde{E}_t \pi_{t+1}^*),$$

уравнение Эйлера примет вид:

$$x_t = \tilde{E}_t x_{t+1} - \omega_1 b_1 (R_t - \tilde{E}_t \pi_{t+1} - r_t^n) - \omega_2 (\tilde{E}_t g_{t+1} - g_t) - \\ - \omega_3 (\tilde{E}_t y_{t+1}^* - y_t^*) - \omega_3 \sigma^* (R_t - \tilde{E}_t \pi_{t+1}) + \omega_3 \sigma^* (R_t^* - \tilde{E}_t \pi_{t+1}^*) + \mu_t,$$

или в окончательном виде:

$$x_t = \tilde{E}_t x_{t+1} - b'_1 (R_t - \tilde{E}_t \pi_{t+1} - r_t') + \mu_t, \quad (9)$$

где $b'_1 = (\omega_1 b_1 + \omega_3 \sigma^*)$, а переменная $r_t' = (1/b'_1)[\omega_1 b_1 r_t^n - \omega_2 (\tilde{E}_t g_{t+1} - g_t) - \omega_3 (\tilde{E}_t y_{t+1}^* - y_t^*) + \omega_3 \sigma^* (R_t^* - \tilde{E}_t \pi_{t+1}^*)]$.

Переменные g_t , R_t^* , y_t^* , π_t^* являются экзогенными серийно коррелированными и подчиняются авторегрессионному процессу первого порядка:

$$g_t = \rho_g g_{t-1} + \varepsilon_t^g, \quad \varepsilon_t^g \sim N(0, \sigma_g^2), \quad (10)$$

$$R_t^* = \rho_R^* R_{t-1}^* + \varepsilon_t^{R^*}, \quad \varepsilon_t^{R^*} \sim N(0, \sigma_{R^*}^2), \quad (11)$$

$$y_t^* = \rho_y^* y_{t-1}^* + \varepsilon_t^{y^*}, \quad \varepsilon_t^{y^*} \sim N(0, \sigma_{y^*}^2), \quad (12)$$

$$\pi_t^* = \rho_\pi^* \pi_{t-1}^* + \varepsilon_t^{\pi^*}, \quad \varepsilon_t^{\pi^*} \sim N(0, \sigma_{\pi^*}^2). \quad (13)$$

Кроме того, в уравнении (9) фигурирует натуральная процентная ставка $r_t^n = (1/b_1)\tilde{E}_t \Delta y_{t+1}^n$. Предполагая неэластичность предложения труда со стороны домашних хозяйств при гибких ценах в уравнении (2), равновесный объем выпуска при гибких ценах можно выразить как $y_t^n = a_t - [\alpha/(1-\alpha)]s_t$. Поэтому к авторегрессионным уравнениям (10)–(13) добавляется авторегрессионное уравнение первого порядка для совокупной факторной производительности

$$a_t = \rho_a a_{t-1} + \varepsilon_t^a, \quad \varepsilon_t^a \sim N(0, \sigma_a^2). \quad (14)$$

Подставляя выражения (8), (10)–(14) в (9) и учитывая (7) для кривой Филлипса, получаем два уравнения, соответствующих уравнению спроса IS и кривой Филлипса, которые в матричном виде выглядят как

$$\mathbf{A} \mathbf{Z}_t = \mathbf{B} \tilde{\mathbf{E}}_t \mathbf{Z}_{t+1} + \mathbf{b} g_{t-1} + \mathbf{c} a_{t-1} + \mathbf{d} R_{t-1}^* + \mathbf{e} y_{t-1}^* + \mathbf{f} \pi_{t-1}^* + \mathbf{v}_t. \quad (15)$$

В системе уравнений (15) жирным шрифтом выделены матрицы и векторы.

В уравнении (15) вектор переменных $\mathbf{Z}_t = \begin{bmatrix} \pi_t \\ x_t \end{bmatrix}$, матрица $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & -k_p \\ b'_1 \phi_\pi + c \phi_\pi & 1 + b'_1 \phi_y + c \phi_y \end{bmatrix}$,

где $(c = \alpha\sigma/(1-\alpha))$, $(b'_1 = (\omega_1 b_1 + \omega_3 \sigma^*))$,

матрица $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \beta & 0 \\ c + b'_1 & 1 \end{bmatrix}$,
 векторы $\mathbf{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\omega_2(\rho_g - 1)\rho_g \end{bmatrix}$, $\mathbf{c} = \begin{bmatrix} 0 \\ (\rho_a - 1)\rho_a \end{bmatrix}$, $\mathbf{d} = \begin{bmatrix} 0 \\ \omega_3\sigma^*\rho_R^* + c\rho_R^* \end{bmatrix}$,
 $\mathbf{e} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\omega_3(\rho_y^* - 1)\rho_y^* \end{bmatrix}$, $\mathbf{f} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\omega_3\sigma^*\rho_\pi^{*2} - c\rho_\pi^{*2} \end{bmatrix}$,
 вектор шоков $\mathbf{v}_t = \begin{bmatrix} u_t \\ \mu_t - \omega_2(\rho_g - 1)\varepsilon_t^g - \omega_3(\rho_y^* - 1)\varepsilon_t^{y^*} + (\omega_3\sigma^* + c)\varepsilon_t^R - \\ - (c\rho_\pi^* + \omega_3\sigma^*\rho_\pi^*)\varepsilon_t^{\pi^*} + (\rho_a - 1)\varepsilon_t^a - b'_1\eta_t - c\eta_t \end{bmatrix}$.

Решение для вектора $\mathbf{Z}_t$ определяется следующим образом²:

$$\mathbf{Z}_t = \mathbf{A}^{-1}(\mathbf{B}\tilde{\mathbf{E}}_t\mathbf{Z}_{t+1} + \mathbf{b}g_{t-1} + \mathbf{c}a_{t-1} + \mathbf{d}R_{t-1}^* + \mathbf{e}y_{t-1}^* + \mathbf{f}\pi_{t-1}^* + \mathbf{v}_t). \quad (16)$$

Формирование ожиданий экономических агентов

Как постулировал Пол Де Грауве [De Grauwe, 2011; 2012a; 2012b], фундаменталистское правило с вероятностью α_f определяется как

$$\tilde{E}_t^f x_{t+1} = 0. \quad (17)$$

То есть агенты оценивают постоянное нормализованное к нулю значение разрыва выпуска и используют его для прогнозирования будущего значения этой переменной.

Экстраполяционное правило с вероятностью α_e определяется как

$$\tilde{E}_t^e x_{t+1} = x_{t-1}. \quad (18)$$

То есть агенты ориентированы на прошлые наблюдения разрыва выпуска, чтобы предсказать будущие значения этой переменной.

Результирующий прогноз разрыва выпуска определяется как

$$\tilde{E}_t x_{t+1} = \alpha_{f,t} \tilde{E}_t^f x_{t+1} + \alpha_{e,t} \tilde{E}_t^e x_{t+1}, \quad \alpha_{f,t} + \alpha_{e,t} = 1. \quad (19)$$

Исходя из того, что агенты готовы учиться на своих ошибках, эффективность конкретных прогнозов они вычисляют на основании полезностей $U_{f,t}$, $U_{e,t}$, полученных из фундаменталистских и экстраполяционных правил соответственно:

$$U_{f,t} = -\sum_{q=0}^{\infty} w_q (x_{t-q-1} - \tilde{E}_{t-q-2}^f x_{t-q-1})^2, \quad (20)$$

$$U_{e,t} = -\sum_{q=0}^{\infty} w_q (x_{t-q-1} - \tilde{E}_{t-q-2}^e x_{t-q-1})^2. \quad (21)$$

² Все вычисления в данном исследовании проводились в программном пакете Matlab. Автор по запросу готов предоставить программные коды вычислений.

То есть полезности определяются как отрицательные взвешенные с весами w_q . Они определяются как отрицательные значения среднеквадратических ошибок прогнозирования поведенческих правил. Веса w_q геометрически убывают, так как предполагается, что агенты придают меньшее значение ошибкам, совершенным в прошлом, по сравнению с ошибками, совершенными недавно. В предположении убывающих весов

$$w_q = (1 - \rho_q) \rho_q^q, \quad (0 \leq \rho_q \leq 1) \quad (22)$$

выражения (20) и (21) можно переписать:

$$U_{f,t} = \rho_q U_{f,t-1} - (1 - \rho_q) (x_{t-1} - \tilde{E}_{t-2}^f x_{t-1})^2, \quad (23)$$

$$U_{e,t} = \rho_q U_{e,t-1} - (1 - \rho_q) (x_{t-1} - \tilde{E}_{t-2}^e x_{t-1})^2. \quad (24)$$

При оценке выражений (23)–(24) необходимо учитывать утверждения, изложенные в работе [Brock, Hommes, 1997]. Если бы агенты были чисто рациональными, они бы просто сравнили значения $U_{f,t}$ и $U_{e,t}$ в выражениях (23) и (24) и выбрали правило, которое дает наибольшее значение. Однако психологи выяснили, что в случае, когда агентам приходится выбирать между альтернативами, они приходят в непредсказуемое душевное состояние из-за необходимости выбора. Для формализации этого выбора авторы [Brock, Hommes, 1997] предположили, что в полезностях альтернативных правил наряду с детерминированными компонентами ($U_{f,t}$ и $U_{e,t}$) присутствуют и случайные составляющие $\varepsilon_{f,t}$ и $\varepsilon_{e,t}$. Тогда вероятность выбора, например, экстраполяционного правила определяется выражением:

$$\alpha_{f,t} = P[(U_{f,t} + \varepsilon_{f,t}) < (U_{e,t} + \varepsilon_{e,t})].$$

Чтобы получить вероятности α_e , α_f в явном виде, необходимо знание распределения случайных величин $\varepsilon_{f,t}$ и $\varepsilon_{e,t}$. Согласно теории дискретного выбора принято предполагать, что эти случайные величины подчиняются логистическому закону распределения [Brock, Hommes, 1997]. В результате вероятность выбора фундаменталистского правила равна

$$\alpha_{f,t} = \frac{\exp(\gamma U_{f,t})}{\exp(\gamma U_{f,t}) + \exp(\gamma U_{e,t})}. \quad (25)$$

Соответственно, вероятность выбора экстраполяционного правила равна

$$\alpha_{e,t} = \frac{\exp(\gamma U_{e,t})}{\exp(\gamma U_{f,t}) + \exp(\gamma U_{e,t})} = 1 - \alpha_{f,t}. \quad (26)$$

Параметр γ измеряет интенсивность выбора, то есть степень, с которой агенты учитывают прошлую эффективность конкретного прогностического метода при принятии решения. Этот параметр связан с дисперсией случайных компонент $\varepsilon_{f,t}$ и $\varepsilon_{e,t}$.

Вышеописанный механизм, основанный на полезностях правил и вероятностях их выбора, является механизмом обучения, связанным с методом проб и ошибок. Обучение агентов базируется на том, что они всегда готовы переключиться на более эффективное правило.

Прогнозы по инфляции цен реализуются аналогично с помощью простых эвристик, как и в случае прогнозирования разрыва выпуска.

Правило фундаменталистов состоит в том, чтобы использовать установленную регулятором³ цель по инфляции для прогнозирования будущей инфляции цен с вероятностью $\beta_{tar,t}$:

$$\tilde{E}_t^{tar,p} \pi_{t+1} = \pi^*, \quad (27)$$

где целевое значение π^* принимается равным нулю.

Экстраполяционное правило для инфляции цен определяется с вероятностью $\beta_{ext,t}$ как

$$\tilde{E}_t^{ext} \pi_{t+1} = \pi_{t-1}. \quad (28)$$

Результирующий прогноз на рынке вычисляется как усредненное значение двух прогнозов, то есть

$$\tilde{E}_t \pi_{t+1} = \beta_{tar,t} \tilde{E}_t^{tar} \pi_{t+1} + \beta_{ext,t} \tilde{E}_t^{ext} \pi_{t+1}, \quad \beta_{tar,t} + \beta_{ext,t} = 1. \quad (29)$$

Вероятности того, доверяют ли агенты установленной цели по инфляции или предпочитают полагаться на экстраполяцию прошлых данных по ценовой инфляции, соответственно равны

$$\beta_{tar,t} = \frac{\exp(\gamma U_{tar,t})}{\exp(\gamma U_{tar,t}) + \exp(\gamma U_{ext,t})}, \quad (30)$$

$$\beta_{ext,t} = \frac{\exp(\gamma U_{ext,t})}{\exp(\gamma U_{tar,t}) + \exp(\gamma U_{ext,t})}, \quad (31)$$

где $U_{tar,t}$ и $U_{ext,t}$ представляют собой средневзвешенные квадраты предыдущих ошибок в прогнозировании инфляции цен с использованием фундаменталистских и экстраполяционных правил соответственно, как определено в выражениях (23) и (24).

³ Здесь и далее в статье используется термин «регулятор», под которым понимается национальный денежно-кредитный институт, основной целью которого является обеспечение защиты и устойчивости национальной денежной единицы. Например, в Российской Федерации это Центральный банк, в США — Федеральная резервная система.

3. Результаты исследования

Калиброванные значения коэффициентов уравнения (16) соответствуют значениям этих параметров в работе [McCallum, Nelson, 2001]. Коэффициенты, приведенные в табл. 1, соответствуют стандартной модели. Эти же значения коэффициентов при изменении некоторых параметров имели место и в сравниваемых моделях с гибкими ценами, моделях с различной импортной составляющей в качестве фактора производства и модели закрытой экономики. Значения модельных параметров приведены в табл. 1. Стандартные отклонения всех шоков уравнения (16) равны 0,5.

Т а б л и ц а 1

Таблица значений параметров модели

Table 1

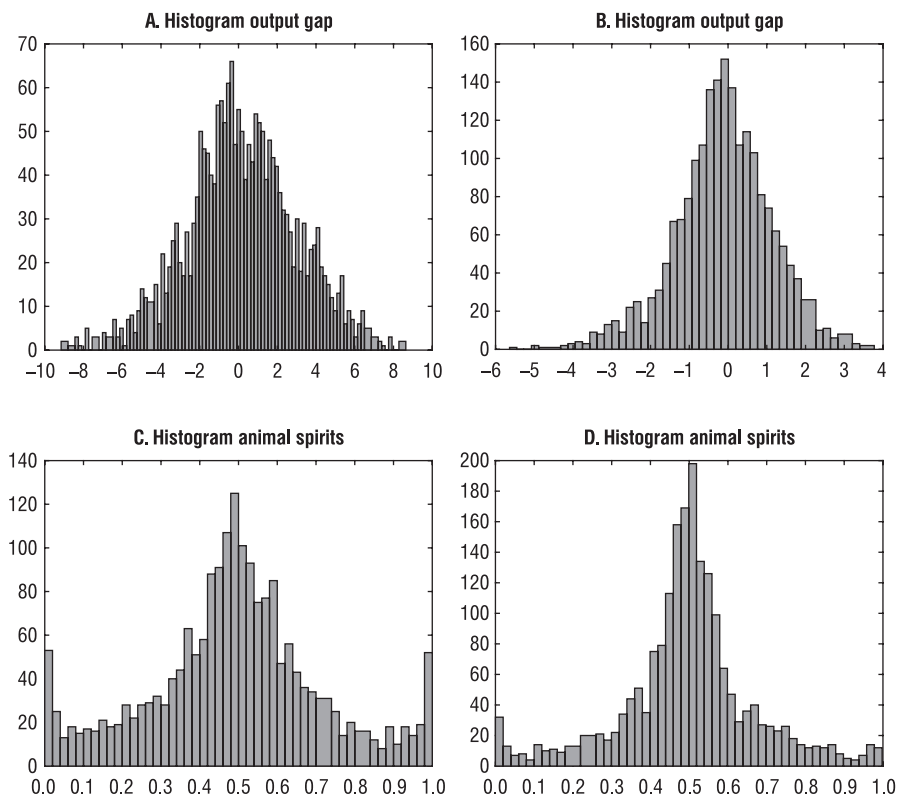
Model Parameter Values			
Коэффициент	Значение	Коэффициент	Значение
σ	0,5	ρ_g	0,7
σ^*	1	ρ_R^*	0,7
α	0,3	ρ_y^*	0,7
β	0,99	ρ_π^*	0,7
θ_p	0,75	ϕ_π	1,5
b_1	1	ϕ_y	0,5
k_p	0,086	w_1	0,74
ε_p	6	w_2	0
ρ	0,5	w_3	0,26
ρ_a	0,7		

Примечание. Смысловое значение коэффициентов приведено в описании модели.
Источник: составлено автором на базе работы [McCallum, Nelson, 2001].

Де Грауве в своих работах [De Grauwe, 2011; 2012a; 2012b] ввел переменную — степень жизнерадостности (animal spirit⁴), характеризующую концентрацию жизненных сил. При положительном разрыве выпуска эта переменная равна доле агентов, экстраполирующих разрыв выпуска $\alpha_{f,t}$. В противоположном случае степень жизнерадостности равна доле агентов-фундаменталистов $\alpha_{f,t}$ (уравнения (25)–(26)). При этом построенная гистограмма жизненных сил тесно связана с гистограммой частотного распределения разрыва выпуска и отражает уровень оптимизма и пессимизма агентов в отношении прогноза разрыва выпуска. Следовательно, когда кривая на гистограмме жизненных сил достигает значе-

⁴ Дословно этот термин переводится как «сила животного духа». Но в дальнейшем в статье будут использоваться термины «степень жизнерадостности», «степень жизненных сил», «степень оптимизма и пессимизма».

ния 1, все агенты прогнозируют положительный разрыв выпуска и проявляют оптимизм; когда кривая достигает значения 0, ни один агент не предсказывает положительный разрыв выпуска, и они становятся пессимистами, то есть все они ожидают отрицательный разрыв выпуска.



Источник: расчеты автора.

Рис. 1. Частотное распределение разрыва выпуска (а, б) и степени оптимизма и пессимизма (с, д) для исследуемой стандартной модели (а, с) и для модели закрытой экономики ($w_3 = 0$, $\alpha = 0$) (б, д)

Fig. 1. Frequency Distribution of the Output Gap (a, b) and Degrees of Optimism and Pessimism (c, d) for the Standard Model Studied (a, c) and for the Closed Economy Model ($w_3 = 0$, $\alpha = 0$) (b, d)

На рис. 1 приведены гистограммы частотного распределения разрыва выпуска (рис. 1а, б) и переменной animal spirits (рис. 1с, д) для двух сравниваемых моделей. На рис. 1а, с представлена гистограмма стандартной⁵ исследуемой модели полуоткрытой экономики с коэффициентами из табл. 1. На рис. 1б, д изображена ги-

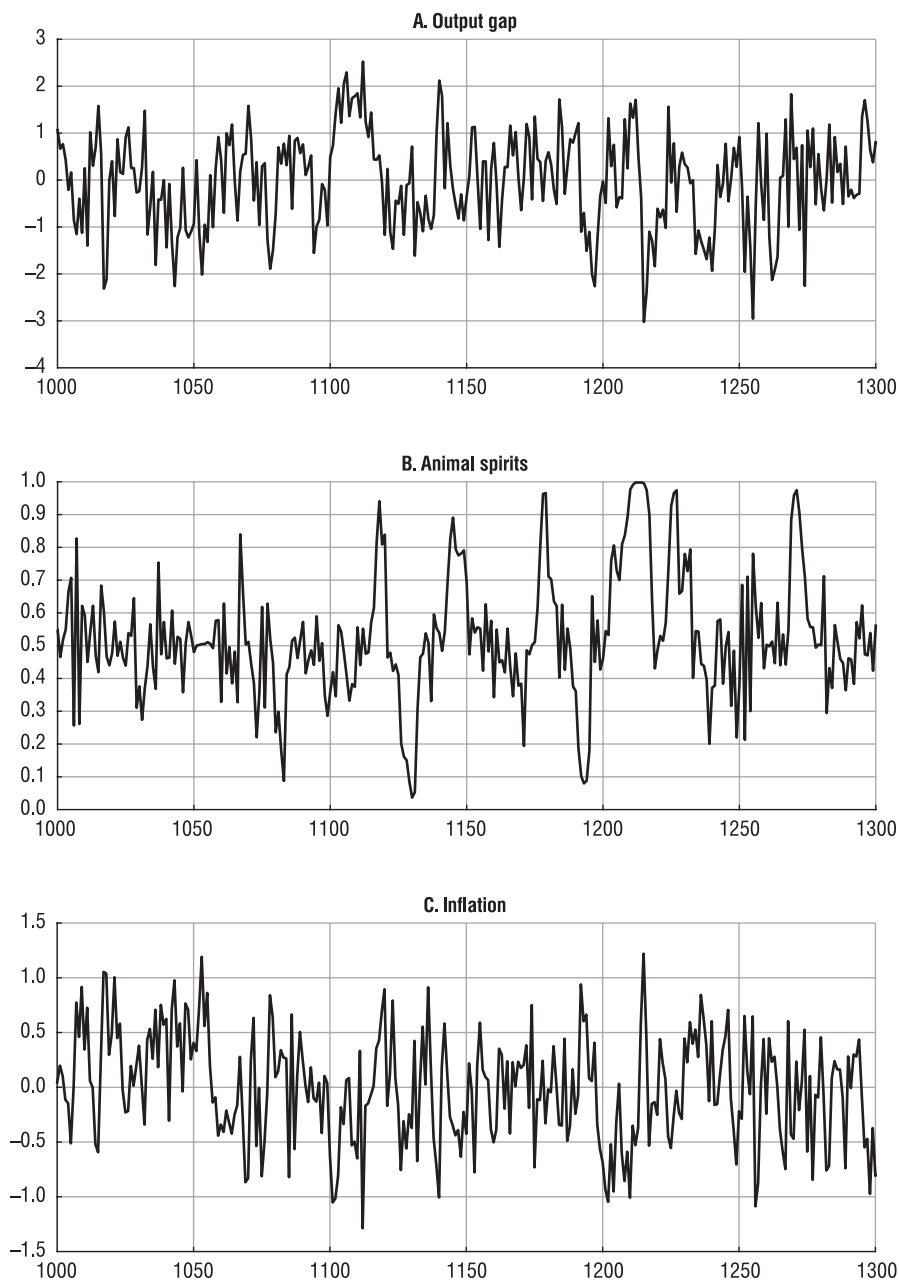
⁵ В дальнейшем все модели, отличные от модели закрытой экономики, будут называться моделями полуоткрытой экономики.

стограмма модели закрытой экономики (коэффициенты $w_2 = 0,26$, $w_3 = 0$, $\alpha = 0$). Частотное распределение разрыва выпуска показывает крайние отклонения от нормального распределения с очень толстыми хвостами, что предполагает подъемы и спады с большой амплитудой. Причина, по которой это происходит, заключается в том, что растет жизненная сила агентов, что подтверждается соответствующей гистограммой жизненных сил (рис. 1с, d). Сравнив гистограммы жизненных сил стандартной модели (рис. 1с) и модели закрытой экономики (рис. 1d), можно заметить, что в стандартной модели наблюдается более выраженная концентрация жизненных сил в крайних значениях 0 и 1, а также в середине распределения. Гистограммы жизненных сил на рис. 1 для обеих моделей характеризуются наличием толстых хвостов, выявляющих ненормальность распределения. Так как степень оптимизма и пессимизма агентов первой модели намного выше, чем второй⁶, то стандартная модель полукрытой экономики подвержена более сильному циклическому движению с большей амплитудой по сравнению с моделью закрытой экономики.

Таким образом, экстремальные значения жизненных сил (аномального духа) объясняют толстые хвосты, наблюдаемые в распределении разрыва выпуска. Интерпретация этого результата следующая. Исследуемая модель демонстрирует самоподдерживающиеся колебания между оптимизмом и пессимизмом (эмоциональными состояниями). Когда число агентов с оптимистическими прогнозами превышает число агентов с пессимистическими прогнозами, это приводит к увеличению разрыва выпуска. Последнее оправдывает тех, кто делал оптимистические прогнозы. В результате на рынок привлекается большее количество агентов-оптимистов. Когда рынок подвержен циклическим колебаниям оптимизма (или пессимизма), это может привести к ситуации, в которой практически все участники рынка становятся оптимистами (пессимистами), что, в свою очередь, может спровоцировать интенсивное увеличение (снижение) экономической активности.

На рис. 2а, b показана циклическая динамика разрыва выпуска и инфляции цен в исследуемой модели, *animal spirit* агентов которой соответствует рис. 1с. Источником этих циклических движений является соотношение оптимистов и пессимистов на рынке. Как отмечается в [De Grauwe, 2012a], «фактически модель порождает эндогенные волны оптимизма и пессимизма. В некоторые пе-

⁶ Модель закрытой экономики характеризуется меньшей степенью концентрации жизненных сил при крайних значениях и в середине распределения.



Примечание. Стандартное отклонение независимых и одинаково распределенных экзогенных шоков равно 0,5.

Источник: расчеты автора.

Рис. 2. Динамическое поведение разрыва выпуска (а), animal spirit (b) и инфляции цен (с) в поведенческой модели полукоткрытой экономики

Fig. 2. Dynamic Behavior of the Output Gap (a), Animal Spirits (b) and Price Inflation (c) in a Behavioral Model for a Semi-open Economy

риоды преобладают пессимисты, что приводит к росту выпуска ниже среднего. За этими пессимистическими периодами следуют оптимистические, когда преобладают оптимистические прогнозы и темпы роста выпуска выше среднего».

Драйверами циклического движения являются случайные внешние шоки. При этом создаются условия, при которых одно из двух правил прогнозирования, например оптимистическое, является более эффективным. В результате происходит распространение оптимистических настроений за счет привлечения на сторону агентов-оптимистов и части агентов-пессимистов. То есть происходит своеобразная диффузия оптимистических настроений, и это стимулирует совокупный спрос и приводит к экономическому буму. В какой-то момент отрицательные случайные воздействия создают условия для пессимистических прогнозов, которые становятся преобладающими, и это приводит к экономическому спаду.

На рис. 2b расположен график, характеризующий изменение степени жизнерадостности агентов (*animal spirit*) на рынке. Частотное представление этого графика соответствует гистограмме жизненных сил (рис. 1c). Анализ графиков позволяет сделать вывод, что значения *animal spirit*, близкие к единице, соответствуют положительным пикам на графике разрыва выпуска, а значения, близкие к нулю, — отрицательным пикам. Когда индекс *animal spirit* равен 0,5, большинство агентов ожидают, что разрыв выпуска вернется к нулю, то есть к устойчивому стационарному значению. Коэффициент корреляции между графиками разрыва выпуска и *animal spirit* составляет 0,878.

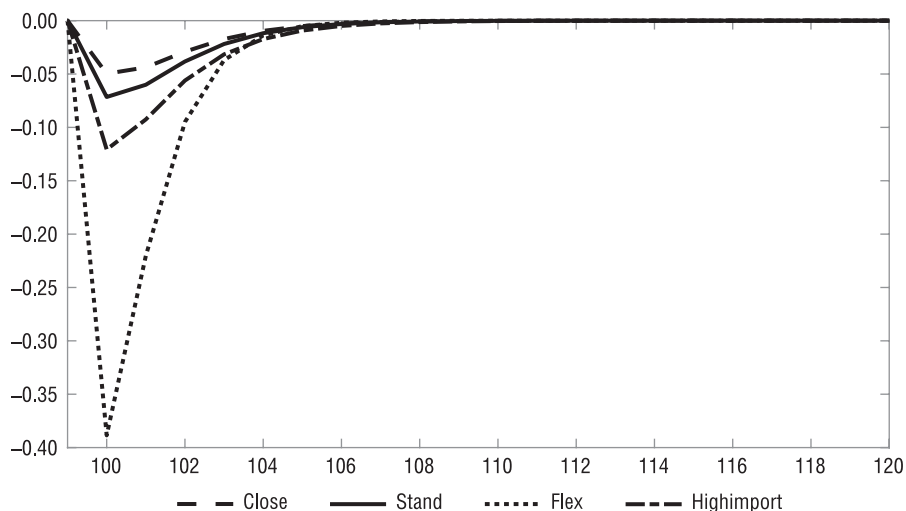
Как отмечалось выше, в исследуемой поведенческой модели происходит генерирование эндогенных циклов, которые могут повлиять на трансмиссионный механизм экзогенных шоков. Поэтому представляет интерес рассмотрение влияния этих экзогенных шоков на исследуемые переменные с помощью функций импульсного отклика.

Поведенческая модель является нелинейной, поэтому импульсный отклик измеряет реакцию на экзогенный шок в среде, в которой случайные возмущения одинаковы для серии с шоком и без него. По этой причине моделировались две серии эндогенных переменных: одна без шока (базовая серия), другая — с шоком. Затем первая серия вычиталась из второй. Реализация шоков происходила после периода, равного 100 единицам. Размеры шоков равнялись одному стандартному отклонению. Средняя импульс-

ная характеристика рассчитывалась после 500 симуляций с различными реализациями случайных возмущений.

Из табл. 1 и уравнения (7) следует, что степень жесткости цен зависит от параметра k_p . С увеличением значения этого параметра степень гибкости цен возрастает. Поэтому для сравнения приведено также влияние шоков для моделей с различной степенью жесткости цен.

Особенно важное значение для проведения эффективной монетарной политики федеральными властями имеет анализ шоков процентной ставки на инфляцию и разрыв выпуска. На рис. 3 показано влияние положительного шока процентной ставки на инфляцию поведенческой модели стандартной ($\alpha = 0,3$) полуоткрытой экономики (stand), закрытой экономики (close), модели с гибкими ценами (flex) и модели с повышенной долей импортной составляющей ($\alpha = 0,6$) в производстве (highimport). Для модели с гибкими ценами параметр $k_p = 0,1$, а для стандартной модели с жесткими ценами $k_p = 0,086$. Из анализа импульсных откликов следует, что наиболее сильно реагирует (снижается) на положительный шок процентной ставки инфляция в модели с более гиб-



Примечание. Значение шока равно одному стандартному отклонению.

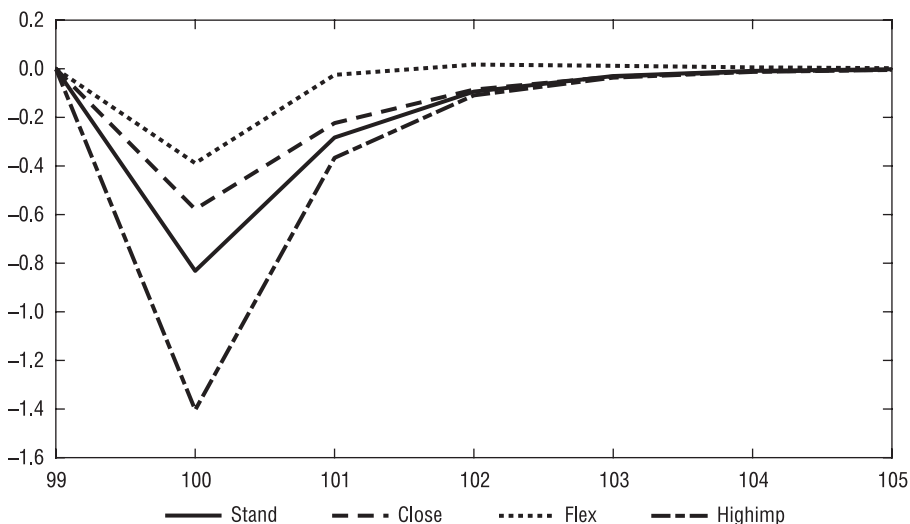
Источник: расчеты автора.

Рис. 3. Влияние положительного шока процентной ставки на инфляцию поведенческой модели стандартной полуоткрытой экономики, закрытой экономики, моделей с гибкими ценами и повышенной долей импортной составляющей в производстве

Fig. 3. Effect of a Positive Interest Rate Shock on Inflation in the Behavioral Model of the Standard Semi-open Economy, Closed Economy, and Model with Flexible Prices and Increased Share of Imports in Output

кими, по сравнению с другими, ценами, что является очевидным. Наименьшее влияние на инфляцию оказывает шок процентной ставки в модели с закрытой экономикой. С ростом импортной составляющей в объеме выпуска шок процентной ставки ослабляет инфляцию за счет снижения производственных издержек. Это снижение не совсем понятно, так как с ростом процентной ставки импортные составляющие, используемые в производстве, становятся более дорогими.

На рис. 4 показано влияние положительного шока процентной ставки на разрыв выпуска тех же поведенческих моделей, что и на рис. 3. Наиболее сильно реагирует (снижается) на положительный шок процентной ставки разрыв выпуска в модели с повышенной долей импорта в объеме выпуска, что является очевидным, так как импорт становится более дорогим. Снижение разрыва выпуска в модели закрытой экономики и особенно в модели с более гибкими ценами (по сравнению со стандартной моделью полуоткрытой экономики) более слабое. Последнее вызвано тем, что, как уже отмечалось выше, в модели с более гибкими ценами инфляция более сильно реагирует (снижается) на положительный шок



Примечание. Значение шока равно одному стандартному отклонению.

Источник: расчеты автора.

Рис. 4. Влияние положительного шока процентной ставки на разрыв выпуска поведенческой модели стандартной полуоткрытой экономики, закрытой экономики, моделей с гибкими ценами и повышенной долей импортной составляющей в производстве

Fig. 4. Effect of a Positive Interest Rate Shock on the Output Gap of the Behavioral Model for the Standard Semi-open Economy, Closed Economy, and Model with Flexible Prices and Increased Import Share in Output

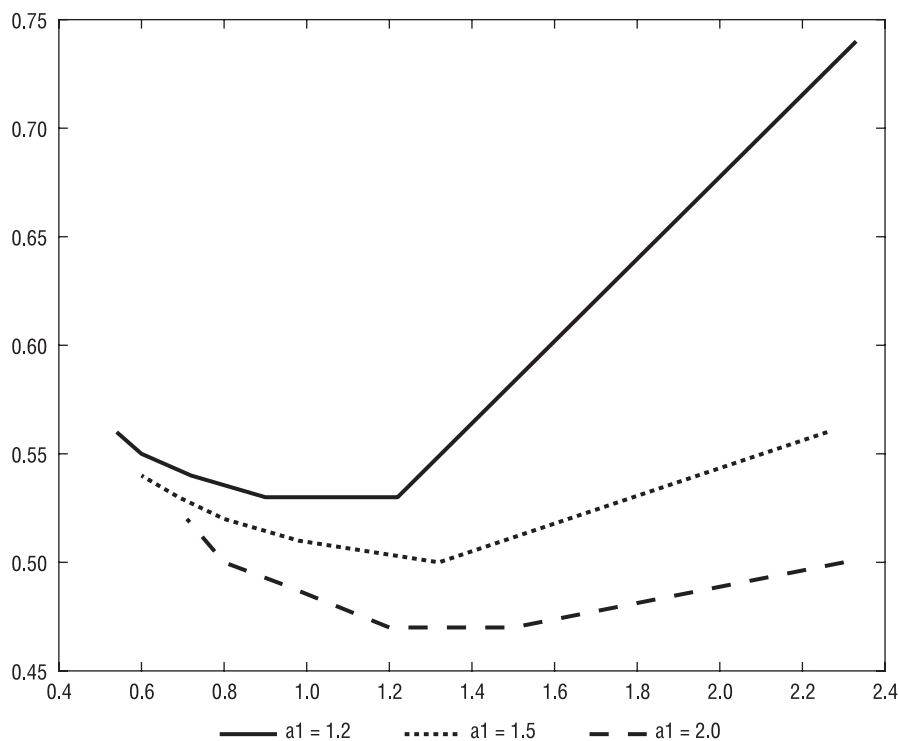
процентной ставки, и это оказывает наименьшее влияние на экономическую активность производителей.

Существование эндогенных движений оптимизма и пессимизма имеет важные последствия для денежно-кредитной политики. В стандартных новых кейнсианских моделях с рациональными ожиданиями любая попытка снизить волатильность объема выпуска за счет использования инструмента процентных ставок приводит к росту волатильности инфляции. Иначе говоря, если монетарные власти решат усилить свое стремление стабилизировать колебания объема выпуска, это будет достигнуто за счет увеличения волатильности инфляции.

Исследование влияния монетарной политики федеральных властей на поведение экономических агентов при различных значениях параметров в правиле Тейлора осуществлялось с помощью анализа балансов (компромиссов) между изменением объема выпуска и инфляции в исследуемой модели с ограниченной рациональностью агентов. Целью такого анализа является исследование возможностей монетарных властей по стабилизации деловых циклов.

Для того чтобы показать наличие компромиссов, построим соотношение между волатильностью разрыва выпуска и волатильностью инфляции в исследуемой модели полукоткрытой экономики для определенных значений параметра ϕ_π в правиле Тейлора, изменяя параметр при разрыве выпуска ϕ_y от 0 до 1 (сохраняя параметр ϕ_π постоянным). Для каждого значения ϕ_y вычисляются стандартные отклонения разрыва выпуска и инфляции. Стандартное отклонение инфляции откладывается по вертикальной оси, стандартное отклонение разрыва выпуска — по горизонтальной. Полученные результаты для трех значений $\phi_\pi = 1,2; 1,5; 2,0$ представлены на рис. 5.

Из рис. 5 следует, что полученные результаты имеют нелинейный характер. Верхняя правая точка на кривой с $\phi_\pi = 1,2$ соответствует ситуации, когда регулятор устанавливает $\phi_y = 0$, то есть не предпринимает попыток стабилизировать разрыв выпуска вообще. Это означает, что для данного значения ϕ_π увеличение параметра ϕ_y уменьшает как волатильность выпуска (что очевидно), так и волатильность инфляции (что неочевидно). Объяснение состоит в том, что, стабилизируя разрыв выпуска, регулятор помогает стабилизировать волны оптимизма и пессимизма, которые являются источником волатильности не только разрыва выпуска, но и инфляции.



Примечание. Коэффициент a_1 соответствует ϕ_π в уравнении (8). Верхняя правая точка на кривой с $a_1 = 1,2$ и крайние правые точки на кривых с $a_1 = 1,5$ и $a_1 = 2,0$ соответствуют значению $\phi_y = 0$, крайние левые точки на кривых соответствуют значению $\phi_y = 1$.

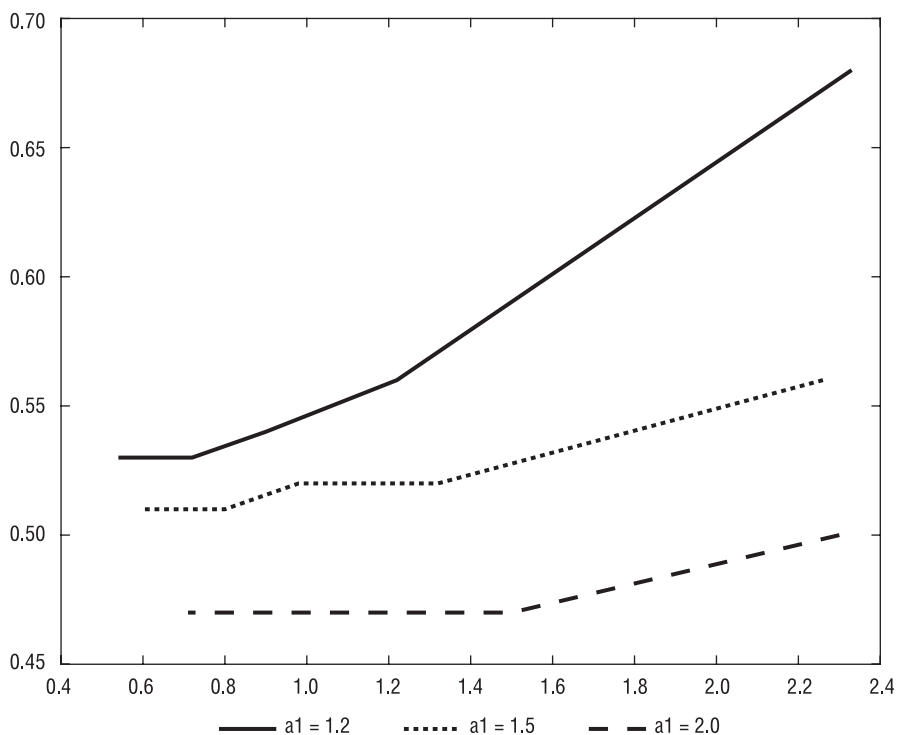
Источник: расчеты автора.

Рис. 5. Соотношение балансов между волатильностью инфляции (ось ординат) и разрыва выпуска (ось абсцисс) в модели полукоткрытой экономики ($\alpha = 0,3$)

Fig. 5. Balance Ratio Between Inflation (ordinate) and Output Gap (abscissa) Volatility in a Semi-open Economy Model ($\alpha = 0,3$)

Однако в этой ситуации есть свои ограничения. Стабилизация выпуска регулятором может превысить определенное критическое значение. Это достигается там, где кривые на рис. 5 достигают минимальной точки и становятся отрицательно наклоненными линиями, то есть слишком большая стабилизация разрыва выпуска подрывает достоверность целевого показателя инфляции. Иначе говоря, в определенный момент регулятор должен сделать выбор между стабилизацией разрыва выпуска и инфляции.

Аналогичные компромиссы между волатильностью инфляции и разрыва выпуска при повышенной доле импортной составляющей в качестве фактора производства ($\alpha = 0,6$) приведены на рис. 6. В отличие от предыдущего случая на этом рисунке отсут-



Примечание. Коэффициент a_1 соответствует ϕ_π в уравнении (8). Верхняя правая точка на кривой с $a_1 = 1,2$ и крайние правые точки на кривых с $a_1 = 1,5$ и $a_1 = 2,0$ соответствуют значению $\phi_y = 0$, крайние левые точки на кривых соответствуют значению $\phi_y = 1$.

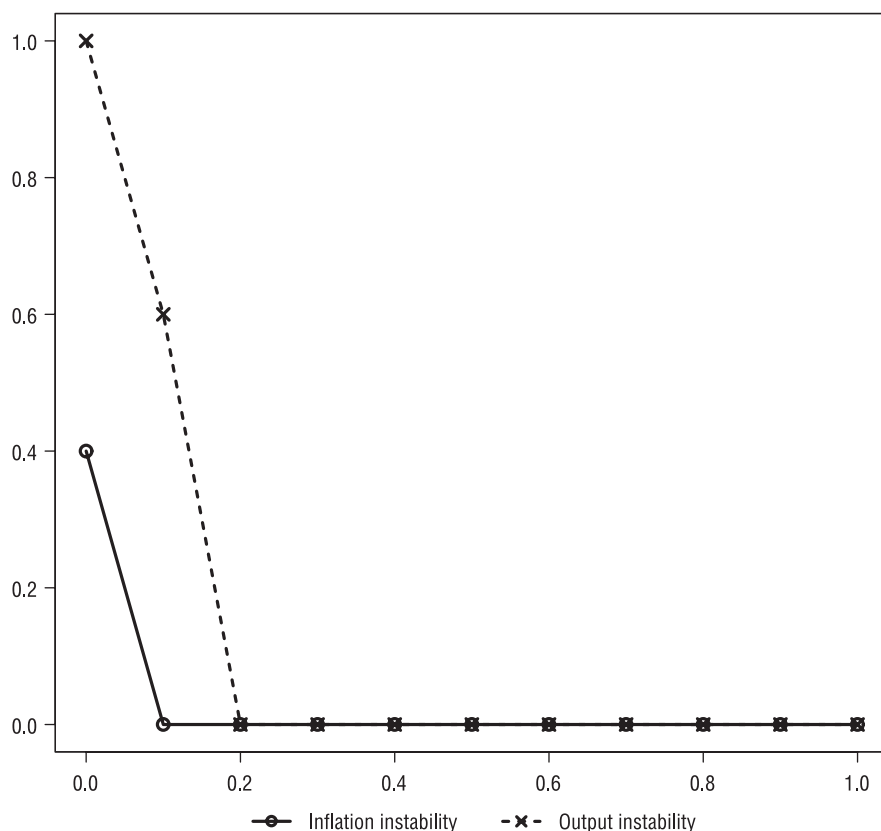
Источник: расчеты автора.

Рис. 6. Соотношение балансов между волатильностью инфляции (ось ординат) и разрыва выпуска (ось абсцисс) в модели полуоткрытой экономики с повышенной долей импортной составляющей в качестве фактора производства ($\alpha = 0,6$)

Fig. 6. Balance Ratio Between Inflation (ordinate) Volatility and the Output Gap (abscissa) in a Model for a Semi-open Economy With an Increased Share of Imports as a Factor of Production ($\alpha = 0,6$)

ствуют отрицательно наклонные линии (в крайних левых точках кривых линий), то есть возможностей регулятора по стабилизации разрыва выпуска достаточно из-за снижения предельных инфляционных издержек.

Доказательством полученных компромиссов является анализ устойчивости инфляции и разрыва выпуска в исследуемой модели. Ввиду невозможности локального анализа устойчивости в статье реализовано моделирование динамики стабильности переменных. При этом динамика инфляции и разрыва выпуска считается стабильной, если отсутствуют большие систематические отклонения (не шоки) от устойчивого состояния [Akville et al., 2020]. Для



Примечание. В правиле Тейлора $\phi_\pi = 1,5$, $\phi_y = 0,5$. Значения остальных параметров модели приведены в табл. 1.

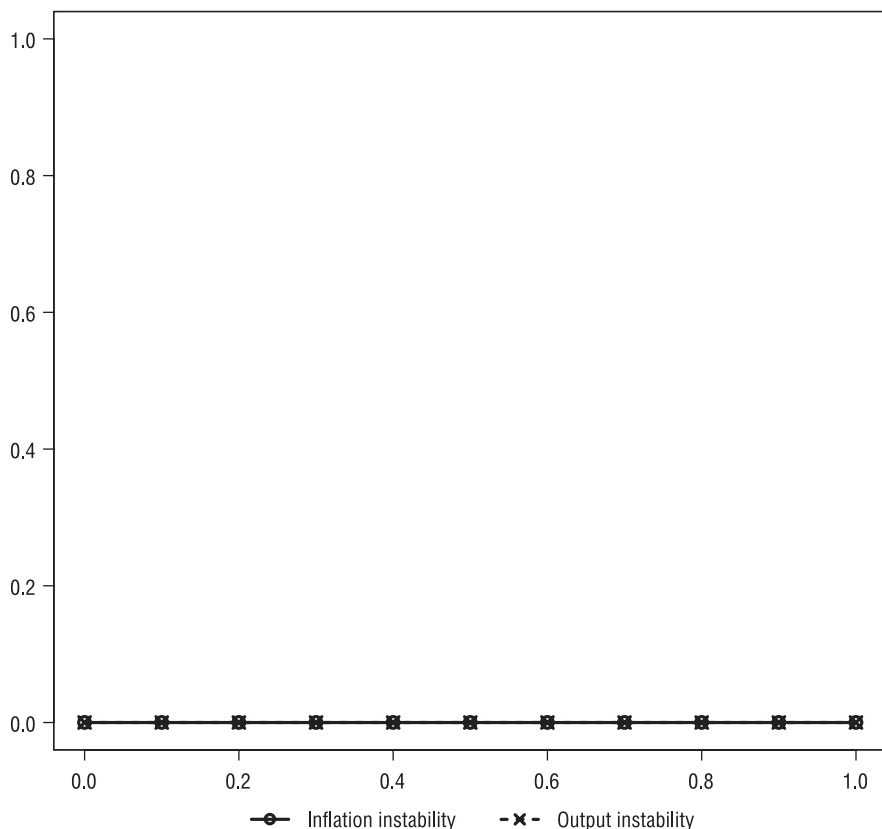
Источник: расчеты автора.

Рис. 7. Нестабильность инфляции и разрыва выпуска (ось ординат)
при изменении доли импортной составляющей в объеме выпуска (ось абсцисс)

Fig. 7. Instability of Inflation and Output Gap (ordinate)
When the Share of the Import Component in Output Changes (abscissa)

данного анализа инфляция и разрыв выпуска считались нестабильными, если подобные абсолютные отклонения превышали 10%. На рис. 7 показана нестабильность экономической динамики исследуемых переменных при различных значениях параметра ϕ_π в правиле Тейлора (уравнение (8)). Каждая точка на графике соответствует 500 симуляциям.

Из рис. 7 следует, что при значении параметра $\phi_\pi = 1,5$ в правиле Тейлора стабильность инфляции достигается при значении $\alpha > 0,1$, а стабильность разрыва выпуска — при $\alpha > 0,2$. Аналогичная нестабильность исследуемых переменных, но при повышенном значении параметра $\phi_\pi = 2,2$ показана на рис. 8, где видна полная стабилизация инфляции и разрыва выпуска, то есть в данном



Примечание. В правиле Тейлора $\phi_\pi = 2,2$, $\phi_y = 0,5$. Значения остальных параметров модели приведены в табл. 1.

Источник: расчеты автора.

Рис. 8. Нестабильность инфляции и разрыва выпуска (ось ординат)
при изменении доли импортной составляющей в объеме выпуска (ось абсцисс)

Fig. 8. Instability of Inflation and Output Gap (ordinate)
When the Share of the Import Component in Output Changes (abscissa)

случае возможностей регулятора по стабилизации переменных достаточно.

Таким образом, для стабилизации инфляции и разрыва выпуска требуется более сильная реакция процентной ставки на изменение этих переменных в моделях с ограниченно рациональными агентами по сравнению с аналогичной реакцией для модели с рациональными ожиданиями агентов.

4. Обзор полученных результатов

Прежде всего следует отметить, что исследуемая модель полуоткрытой экономики с ограниченной рациональностью агентов

является оригинальной. Поэтому сравнение результатов, полученных в ней, можно проводить с результатами лишь ограниченного числа поведенческих моделей. Кроме того, сравнивать между собой можно лишь результаты, полученные для моделей с одинаковыми правилами формирования ожиданий экономических агентов. Поэтому существует лишь небольшое число исследований, удовлетворяющих этим требованиям. Это в первую очередь работы [De Grauwe, 2011; 2012a; 2012b].

Поведение экономических агентов с ограниченно рациональными ожиданиями в моделях с присутствием импортной составляющей в качестве фактора производства имеет ряд особенностей по сравнению с моделями, где эта составляющая отсутствует. Особенно отчетливо это различие проявляется при исследовании функций импульсного отклика инфляции и разрыва выпуска на шок процентной ставки (рис. 3 и 4) и анализе компромиссов между волатильностью инфляции и разрыва выпуска, обусловленных правилом Тейлора (рис. 5–8). Эти различия в контексте формирования ожиданий агентов связаны с разной степенью концентрации жизненных сил при крайних значениях и в середине на гистограммах частотного распределения исследуемых переменных и уровня оптимизма и пессимизма (рис. 1). Волны оптимизма и пессимизма являются источником волатильности не только разрыва выпуска, но и инфляции. Различия в степени концентрации жизненных сил приводят к тому, что модель полуоткрытой экономики подвержена более сильному циклическому движению с большей амплитудой по сравнению с моделью закрытой экономики.

Графики циклического движения разрыва выпуска и инфляции цен в исследуемой стандартной поведенческой модели полуоткрытой экономики ($\alpha = 0,3$), приведенные на рис. 2, качественно совпадают с аналогичными результатами, полученными в [De Grauwe, 2011; 2012a; 2012b] для поведенческой модели закрытой экономики, то есть соотношение амплитуд колебаний исследуемых переменных для сравниваемых моделей на приемлемом уровне совпадает. Этот результат является ожидаемым, так как в обоих случаях циклические колебания вызваны эндогенными волнами оптимизма и пессимизма.

Сравнительный анализ функций импульсного отклика не имеет аналогов в цитируемых выше работах. Подробное обсуждение результатов расчетов, представленных в статье на рис. 3 и 4, проводилось с позиций макроэкономической динамики. При этом вызвало затруднение объяснение более сильного снижения ин-

фляции с ростом импортной составляющей в объеме выпуска при шоке процентной ставки (рис. 3). В контексте ограниченной рациональности агентов этот результат легко объясним. Как следует из анализа компромиссов между изменением объема выпуска и инфляцией (рис. 6), с повышением доли импортной составляющей в объеме выпуска возможности регулятора по стабилизации делового цикла повышаются вследствие роста степени оптимизма и пессимизма агентов.

Исследование компромиссов между изменением объема выпуска и инфляцией в исследуемой модели является важным для выявления возможностей регулятора по стабилизации деловых циклов. Анализ компромиссов в модели стандартной экономики ($\alpha = 0,3$) между изменением объема выпуска и инфляцией в исследуемой модели с ограниченной рациональностью агентов показал, что в определенный момент регулятор должен сделать выбор между стабилизацией разрыва выпуска и инфляции. Причина, по которой получен этот результат, состоит в том, что на начальном этапе стабилизация разрыва выпуска имеет эффект сокращения толстых хвостов в гистограмме частотного распределения степени жизненных сил. Другими словами, стабилизация уменьшает степень оптимизма и пессимизма агентов. Пока они интенсивны, стабилизация разрыва выпуска снижает волатильность инфляции и выпуска. Когда толстые хвосты достаточно сокращаются, появляется стандартный результат отрицательного компромисса. В результате большинство агентов ждут, что разрыв выпуска вернется к нулю⁷ (рис. 1), и возможности регулятора по стабилизации делового цикла снижаются. Надо отметить, что полученный результат для исследуемой модели стандартной экономики совпадает с аналогичным результатом, полученным в [De Grauwe, 2011].

Эффект отрицательного компромисса нивелируется с повышением доли импортной составляющей в качестве фактора производства ($\alpha = 0,6$), то есть возможностей регулятора по стабилизации разрыва выпуска достаточно из-за снижения предельных инфляционных издержек. Этот результат отличается от аналогичного вывода, полученного в [De Grauwe, 2011] для модели закрытой экономики. Причина состоит в том, что более открытая экономика характеризуется повышенной степенью оптимизма и пессимизма агентов по сравнению с менее открытой. Для моделей с рациональными ожиданиями агентов [An, Schorfheide, 2007;

⁷ Фактически агенты следуют фундаменталистскому правилу.

Kydland, Prescott, 1982] кривые на рис. 5 и 6 всегда должны иметь положительный наклон. Поэтому полученные при анализе компромиссов результаты для исследуемой модели с ограниченной рациональностью агентов имеют важное значение, заключающееся в том, что гипотеза рациональных ожиданий в большей степени соответствует закрытой экономике, чем открытой.

Заметим также, что результат, полученный при анализе компромиссов и состоящий в том, что реакция процентной ставки на изменение уровня инфляции в моделях с гетерогенными ожиданиями должна быть более значительной по сравнению с аналогичной реакцией для модели с рациональными ожиданиями агентов, отмечен в [Серков, Красных, 2023]. В этой работе исследовалась устойчивость модели открытой экономики с экзогенно заданными ограниченно рациональными ожиданиями агентов.

Заключение

В статье проанализированы особенности поведения экономических агентов в новой кейнсианской поведенческой модели полуоткрытой экономики при когнитивных ограничениях агентов. Актуальность исследования связана с особенностями функционирования экономики в санкционный период. Анализируется модель, в которой импортная составляющая является фактором производства наряду с трудом. При этом домашние хозяйства из-за санкций потребляют товары и продукты только отечественного производства. Агенты-фундаменталисты предсказывают будущий разрыв выпуска и инфляцию на основе своих стационарных значений. Агенты-экстраполяторы используют для этого правило, основанное на экстраполяции последних доступных данных об инфляции и разрыве выпуска. Весовая доля оптимистов и пессимистов на рынке изменяется эндогенно, и в результате возникают эндогенные волны оптимизма и пессимизма.

Из анализа гистограмм частотного распределения степени жизненных сил моделей автором впервые получен результат, что более открытая экономика подвержена циклическим движениям, вызванным волнами оптимизма и пессимизма, с более глубокой амплитудой по сравнению с закрытой экономикой.

Исследование функций импульсных откликов шока процентной ставки позволило выявить влияние повышенной доли импортной составляющей в роли фактора производства и гибкости цен на исследуемые переменные. Этот результат также является оригинальным.

Анализ компромиссов между волатильностью инфляции и разрыва выпуска показал их нелинейный характер (в отличие от стандартных моделей с рациональными ожиданиями). Объяснение заключается в том, что, стабилизируя разрыв выпуска, регулятор способствует стабилизации волн оптимизма и пессимизма, которые являются источником волатильности не только разрыва выпуска, но и инфляции. Однако в определенный момент слишком сильная стабилизация разрыва выпуска подрывает достоверность целевого показателя инфляции, и возможности регулятора по стабилизации делового цикла снижаются. Автором впервые доказано, что данное обстоятельство отсутствует при росте импортной составляющей в выпуске продукции. Полученный результат важен как в академическом, так и в практическом контексте, поскольку свидетельствует о том, что гипотеза рациональных ожиданий в большей степени соответствует закрытой экономике, чем открытой.

Главным ограничением используемого в работе подхода является то, что в настоящее время он применим к низко- и средне-размерным моделям. Применение его к крупномасштабным структурным моделям, не поддающимся редуцированию, сопряжено с трудностями вычислительного характера.

Следующий этап работы — тестирование полученных в исследовании результатов при различных когнитивных ограничениях агентов поведенческой модели. При этом нужно отметить, что государственные расходы в исследуемой модели являются экзогенными и изменяются в соответствии с авторегрессионным законом (AR1). При эндогенных государственных расходах появляется возможность анализа влияния фискальной политики на поведение агентов. Это также становится стимулом для дальнейшей работы с данной моделью.

В статье использовались калиброванные данные, соответствующие значениям параметров из [McCallum, Nelson, 2001], так как это единственная публикация по использованию импортной составляющей в качестве фактора производства — российских работ по этой тематике нет. На следующем этапе автор предполагает анализ эмпирической достоверности полученных результатов на основе доступной информации из различных источников о макроэкономических показателях российской экономики.

Полученные результаты в контексте практического применения могут быть полезны при проведении монетарной политики по стабилизации инфляции и разрыва выпуска. Особенно важными в этом плане являются результаты анализа функций импульс-

ного отклика и компромиссов между изменением объема выпуска и инфляцией, которые позволяют регулятору выбирать между стабилизацией разрыва выпуска и инфляцией.

Литература

1. Серков Л. А., Красных С. С. Анализ влияния нерационального поведения экономических агентов на устойчивость моделей общего равновесия с открытой экономикой // Экономика и математические методы. 2023. № 59(1). С. 131–144. DOI: 10.31857/S042473880023067-2.
2. Adam K. Optimal Monetary Policy With Imperfect Common Knowledge // Journal of Monetary Economics. 2007. Vol. 54(2). P. 267–301. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2005.08.020.
3. Akvile B., Massaro D., Weber M. The Behavioral Economics of Currency Unions: Economic Integration and Monetary Policy // Journal of Economic Dynamics and Control. 2020. Vol. 112. P. 1–19.
4. An S., Schorfheide F. Bayesian Analysis of DSGE Models // Econometric Reviews. 2007. Vol. 26. P. 113–172. DOI: 10.1080/07474930701220071.
5. Andrade P., Le Bihan H. Inattentive Professional Forecasters // Journal of Monetary Economics. 2013. Vol. 60(8). P. 967–982. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2013.08.005.
6. Annicchiarico B., Surricchio S., Waldmann R. A Behavioral Model of the Credit Cycle // Journal of Economic Behavior & Organization. 2019. Vol. 166. P. 53–83. DOI: 10.1016/j.jebo.2019.09.010.
7. Anufriev M., Hommes C. Evolutionary Selection of Individual Expectations and Aggregate Outcomes in Asset Pricing Experiments // American Economic Journal: Microeconomics. 2012. Vol. 4(4). P. 35–64.
8. Branch W., McGough B. A New Keynesian Model With Heterogeneous Expectations // Journal of Economic Dynamics and Control. 2009. Vol. 33(5). P. 1036–1051.
9. Branch W. A. The Theory of Rationally Heterogeneous Expectations: Evidence From Survey Data on Inflation Expectations // The Economic Journal. 2004. Vol. 114(497). P. 592–621.
10. Brock W., Hommes C. A Rational Route to Randomness // Econometrica. 1997. Vol. 65. P. 1059–1095.
11. Calvo G. Staggered Prices in a Utility–Maximizing Framework // Journal of Monetary Economics. 1983. Vol. 12. P. 383–398.
12. Carroll C. Macroeconomic Expectations of Households and Professional Forecasters // The Quarterly Journal of Economics. 2003. Vol. 118(1). P. 269–298.
13. Christiano L., Eichenbaum M., Evans C. Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy // Journal of Political Economy. 2005. Vol. 103. P. 51–78.
14. Cornea-Madeira A., Hommes C., Massaro D. Behavioral Heterogeneity in U.S. Inflation Dynamics // Journal of Business and Economic Statistics, 2019. Vol. 37(2). P. 288–300. DOI: 10.1080/07350015.2017.1321548.
15. De Grauwe P. Animal Spirits and Monetary Policy // Economic Theory. 2011. Vol. 47. P. 423–457.
16. De Grauwe P. Booms and Busts in Economic Activity: A Behavioral Explanation // Journal of Economic Behavior & Organization. 2012. Vol. 83(3). P. 484–501.
17. De Grauwe P. Lectures on Behavioral Macroeconomics. Princeton: Princeton University Press, 2012.
18. Driscoll J. C., Holden S. Behavioral Economics and Macroeconomic Models // Journal of Macroeconomics. 2014. Vol. 41(C). P. 133–147.
19. Evans G., Honkapohja S. Learning and Expectations in Macroeconomics. Princeton: Princeton University Press, 2001.
20. Frenkel J., Froot K. Chartists, Fundamentalists, and Trading in the Foreign Exchange Market // American Economic Review. 1988. Vol. 80(2). P. 181–185.

21. Hommes C. Behavioral and Experimental Macroeconomics and Policy Analysis: A Complex Systems Approach // *Journal of Economic Literature*. 2021. Vol. 1(59). P. 149–219. DOI: 10.1257/jel.20191434.
22. Hommes C. The Heterogeneous Expectations Hypothesis: Some Evidence From the Lab // *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2011. Vol. 35(1). P. 1–24.
23. Hommes C., Lustenhouwer J., Mavromatis C. Fiscal Consolidations and Heterogeneous Expectations // *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2018. Vol. 87. P. 173–205. DOI: 10.1016/j.jedc.2017.12.002.
24. Hommes C., Massaro D., Weber M. Monetary Policy Under Behavioral Expectations: Theory and Experiment // *European Economic Review*. 2019. Vol. 118. P. 193–212. DOI: 10.1016/j.eurocorev.2019.05.009.
25. Kydland F., Prescott E. Time to Build and Aggregate Fluctuations // *Econometrica*. 1982. Vol. 50(6). P. 1345–1370.
26. Massaro D. Heterogeneous Expectations in Monetary DSGE Models // *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2013. Vol. 37(3). P. 680–692.
27. McCallum B., Nelson E. Monetary Policy for an Open Economy: An Alternative Framework With Optimizing Agents and Sticky Prices. NBER. Working Paper No 8175. 2001.
28. Muth J. Rational Expectations and the Theory of Price Movements // *Econometrica*. 1961. Vol. 29. P. 315–335.
29. Samitas A., Polyzos E., Siriopoulos C. Brexit and Financial Stability: Agent-Based Simulation // *Economic Modelling*. 2018. Vol. 69. P. 181–192. DOI: 10.1016/j.econmod.2017.09.019.
30. Sargent T. Bounded Rationality in Macroeconomics. Oxford: Oxford University Press. 1993.
31. Serkov L., Krasnykh S. The Specific Behavior of Economic Agents With Heterogeneous Expectations in the New Keynesian Model With Rigid Prices and Wages // *Mathematics*. 2023. Vol. 11(796). P. 1–17. DOI: 10.3390/math11040796.
32. Sims C. Solving Rational Expectations Models // *Computational Economics*. 2002. Vol. 20. P. 1–20.
33. Tesfatsion L. Agent-Based Computational Economics: A Constructive Approach to Economic Theory // *Handbook of Computational Economics*. 2006. Vol. 2. P. 831–880.

References

1. Serkov L. A., Krasnykh S. S. Analiz vliyaniya neratsional'nogo povedeniya ekonomicheskikh agentov na ustoychivost' modeley obshchego ravnovesiya s otkrytoy ekonomikoy [Analysis of the Influence of Irrational Behavior of Economic Agents on the Stability of General Equilibrium Models With an Open Economy]. *Ekonomika i matematicheskie metody [Economics and Mathematical Methods]*, 2023, no. 59(1), pp. 131–144. DOI: 10.31857/S042473880023067-2. (In Russ.)
2. Adam K. Optimal Monetary Policy With Imperfect Common Knowledge. *Journal of Monetary Economics*, 2007, vol. 54(2), pp. 267–301. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2005.08.020.
3. Akvile B., Massaro D., Weber M. The Behavioral Economics of Currency Unions: Economic Integration and Monetary Policy. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2020, vol. 112, pp. 1–19.
4. An S., Schorfheide F. Bayesian Analysis of DSGE Models. *Econometric Reviews*, 2007, vol. 26, pp. 113–172. DOI: 10.1080/07474930701220071.
5. Andrade P., Le Bihan H. Inattentive Professional Forecasters. *Journal of Monetary Economics*, 2013, vol. 60(8), pp. 967–982. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2013.08.005.
6. Annicchiarico B., Surricchio S., Waldmann R. A Behavioral Model of the Credit Cycle. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2019, vol. 166, pp. 53–83. DOI: 10.1016/j.jebo.2019.09.010.

7. Anufriev M., Hommes C. Evolutionary Selection of Individual Expectations and Aggregate Outcomes in Asset Pricing Experiments. *American Economic Journal: Microeconomics*, 2012, vol. 4(4), pp. 35-64.
8. Branch W., McGough B. A New Keynesian Model With Heterogeneous Expectations. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2009, vol. 33(5), pp. 1036-1051.
9. Branch W. The Theory of Rationally Heterogeneous Expectations: Evidence From Survey Data on Inflation Expectations. *The Economic Journal*, 2004, vol. 114(497), pp. 592-621.
10. Brock W., Hommes C. A Rational Route to Randomness. *Econometrica*, 1997, vol. 65, pp. 1059-1095.
11. Calvo G. Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework. *Journal of Monetary Economics*, 1983, vol. 12, pp. 383-398.
12. Carroll C. Macroeconomic Expectations of Households and Professional Forecasters. *The Quarterly Journal of Economics*, 2003, vol. 118(1), pp. 269-298.
13. Christiano L., Eichenbaum M., Evans C. Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, 2005, vol. 103, pp. 51-78.
14. Cornea-Madeira A., Hommes C., Massaro D. Behavioral Heterogeneity in U.S. Inflation Dynamics. *Journal of Business and Economic Statistics*, 2019, vol. 37(2), pp. 288-300. DOI: 10.1080/07350015.2017.1321548.
15. De Grauwe P. Animal Spirits and Monetary Policy. *Economic Theory*, 2011, vol. 47, pp. 423-457.
16. De Grauwe P. Booms and Busts in Economic Activity: A Behavioral Explanation. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2012, vol. 83(3), pp. 484-501.
17. De Grauwe P. *Lectures on Behavioral Macroeconomics*. Princeton, Princeton University Press, 2012.
18. Driscoll J. C., Holden S. Behavioral Economics and Macroeconomic Models. *Journal of Macroeconomics*, 2014, vol. 41(C), pp. 133-147.
19. Evans G., Honkapohja S. *Learning and Expectations in Macroeconomics*. Princeton, Princeton University Press, 2001.
20. Frenkel J., Froot K. Chartists, Fundamentalists, and Trading in the Foreign Exchange Market. *American Economic Review*, 1988, vol. 80(2), pp. 181-185.
21. Hommes C. Behavioral and Experimental Macroeconomics and Policy Analysis: A Complex Systems Approach. *Journal of Economic Literature*, 2021, vol. 1(59), pp. 149-219. DOI: 10.1257/jel.20191434.
22. Hommes C. The Heterogeneous Expectations Hypothesis: Some Evidence From the Lab. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2011, vol. 35(1), pp. 1-24.
23. Hommes C., Lustenhouwer J., Mavromatis C. Fiscal Consolidations and Heterogeneous Expectations. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2018, vol. 87, pp. 173-205. DOI: 10.1016/j.jedc.2017.12.002
24. Hommes C., Massaro D., Weber M. Monetary Policy Under Behavioral Expectations: Theory and Experiment. *European Economic Review*, 2019, vol. 118, pp. 193-212. DOI: 10.1016/j.eurocorev.2019.05.009.
25. Kydland F., Prescott E. Time to Build and Aggregate Fluctuations. *Econometrica*, 1982, vol. 50(6), pp. 1345-1370.
26. Massaro D. Heterogeneous Expectations in Monetary DSGE Models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2013, vol. 37(3), pp. 680-692.
27. McCallum B., Nelson E. Monetary Policy for an Open Economy: An Alternative Framework With Optimizing Agents and Sticky Prices. *NBER, Working Paper no. 8175*, 2001.
28. Muth J. Rational Expectations and the Theory of Price Movements. *Econometrica*, 1961, vol. 29, pp. 315-335.
29. Samitas A., Polyzos E., Siriopoulos C. Brexit and Financial Stability: Agent-Based Simulation. *Economic Modelling*, 2018, vol. 69, pp. 181-192. DOI: 10.1016/j.econmod.2017.09.019.
30. Sargent T. *Bounded Rationality in Macroeconomics*. Oxford, Oxford University Press, 1993.

31. Serkov L., Krasnykh S. The Specific Behavior of Economic Agents With Heterogeneous Expectations in the New Keynesian Model With Rigid Prices and Wages. *Mathematics*, 2023, vol. 11(796), pp. 1-17. DOI: 10.3390/math11040796.
32. Sims C. Solving Rational Expectations Models. *Computational Economics*, 2002, vol. 20, pp. 1-20.
33. Tesfatsion L. Agent-Based Computational Economics: A Constructive Approach to Economic Theory. In: *Handbook of Computational Economics*, 2006, vol. 2, pp. 831-880.