

Моделирование экономических систем

DSGE-модель российской экономики с рынком жилой недвижимости

Даниил Анатольевич Ломоносов

ORCID: 0000-0002-5672-277X

Младший научный сотрудник Центра математического моделирования экономических процессов, Институт прикладных экономических исследований, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (РФ, 119571, Москва, пр. Вернадского, 84, к. 2)
E-mail: daniil329@gmail.com

Аннотация

В работе строится динамическая стохастическая модель общего равновесия (DSGE) российской экономики с эндогенным жилищным сектором и тремя группами домохозяйств — терпеливыми, нетерпеливыми и нерикардянскими. Оценка DSGE-модели осуществляется на периоде с I квартала 2010 по IV квартал 2019 года с помощью байесовского метода минимизации расстояния между теоретическими и эмпирическими импульсными откликами на шок условий торговли. На основе оцененной модели представлена количественная оценка реакций макропеременных в ответ на шоки рынка жилья, процентной ставки, субсидирования ипотеки, финансовой либерализации и условий торговли. При этом влияние шоков на ряд экономических показателей в существенной мере определяется функциональной формой полезности домохозяйств, что показывает тест на робастность. Полученные результаты на основе модели также не демонстрирует сильного инерционного эффекта в экономике за счет оживления сектора строительства жилой недвижимости, что является противоположным результатом по отношению к ряду исследований и экспертным оценкам, базирующимся преимущественно на методе межотраслевого баланса. Одна из причин такого расхождения может заключаться в анализе, который основывается на горизонтальной кривой предложения, в результате чего происходит переоценка влияния строительной сферы на экономику. Представленная в статье DSGE-модель может стать отправной точкой для сценарного прогнозирования динамики рынка жилой недвижимости и связанного с ним рынка ипотечного кредитования, тестирования влияния различных политических мер на сектор жилья, а также оценки их последствий для различных групп домохозяйств.

Ключевые слова: рынок жилья, ипотека, гетерогенные домохозяйства, условия торговли, монетарная политика.

JEL: E13, E32, E44, F41, H31, R30, R31.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, грант № 21-78-10020. Автор выражает искреннюю признательность своему научному руководителю А. В. Полбину, кандидату экономических наук, ведущему научному сотруднику Центра математического моделирования экономических процессов ИПЭИ РАНХиГС, за ценные замечания, комментарии, конструктивные обсуждения, а также анонимному рецензенту — за обстоятельную рецензию.

Modeling Economic Systems

A DSGE Model of the Russian Residential Real Estate Market

Daniil A. Lomonosov*ORCID: 0000-0002-5672-277X*

Junior Researcher at the Center
for Mathematical Modeling of Economic Processes,
Institute of Applied Economic Research RANEPA,^a
daniil329@gmail.com

^a 84, k. 2, pr. Vernadskogo, Moscow, 119571, Russian Federation

Abstract

The paper develops a dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) model of the Russian economy based on an endogenous housing sector and three categories of homeowners – patient, impatient and non-Ricardian. The DSGE model is applied from the first quarter of 2010 to the fourth quarter of 2019 using a Bayesian method for minimizing the discrepancy between theoretical and empirical impulse responses to a shock due to modified terms of trade. The model is then employed to provide a quantitative assessment of how macro variables respond to shocks generated by the housing market, interest rates, mortgage subsidies, financial liberalization, and altered terms of trade. At the same time, the impact of shocks on a number of economic indicators is largely determined by the functional form of household utility, as demonstrated by the robustness test. The results obtained based on the model also do not demonstrate a strong inertial effect in the economy due to the revival of the residential real estate construction sector, and they contradict a number of studies and expert estimates based primarily on the input-output model. One reason for this discrepancy may be the analysis, which is based on a horizontal supply curve, resulting in an overestimation of the impact of the construction sector on the economy. This DSGE model can serve as a starting point for scenario-based projections of the dynamics of the residential real estate market and the associated mortgage market, for testing the impact of various policy measures on the housing sector, and for assessing their effects on various categories of households.

Keywords: housing market, mortgage, IRF matching, heterogeneous households, terms of trade, monetary policy, fiscal policy, mortgage subsidies.

JEL: E13, E32, E44, F41, H31, R30, R31.

Acknowledgements

This study was supported by the Russian Science Foundation's Grant No 21-78-10020. The author would like to express his gratitude to his supervisor Andrey V. Polbin, Ph.D., Lead Researcher at the Center for Mathematical Modeling of Economic Processes of the IPEI, RANEPA, for valuable insights, comments, and constructive discussions and also to thank the anonymous reviewer for their thorough examination of the text.

Введение

В последние два десятилетия внимание к моделированию рынка жилья как существенной детерминанты бизнес-циклов в эмпирической литературе существенно усилилось, о чем свидетельствует увеличение числа работ этого направления. Возросший интерес обусловлен экономическими связями, которые возникают при включении рынка жилья в прикладные и теоретические модели.

Помимо возможности анализа непосредственно сектора жилой недвижимости (см., например, [Iacoviello, 2005; Iacoviello, Neri, 2010]) включение рынка жилья в DSGE-модель также позволяет тестировать широкий спектр экономических инструментов [Mora-Sanguinetti, Rubio, 2014], способствует изучению эффектов неравенства домохозяйств [Eskelinen, 2021; Nookhwun, Tsomocos, 2017] и каналов влияния банковского сектора на экономику [Hinterschweiger et al., 2021]. Тема жилищного сектора и ипотечного кредитования широко обсуждается в российских академических [Рощина, Илюнькина, 2021] и политических¹ кругах. Соизмеренность и направленность льготных ипотечных программ, их последствия для застройщиков, банков, домохозяйств, роль макрорегуляторов в снижении рисков для экономических агентов и стабилизации на рынке жилой недвижимости и ипотеки — эти темы являются одними из наиболее обсуждаемых и дискуссионных в последние годы.

Несмотря на перечисленные возможности инструментария DSGE-моделей, в отечественной литературе фактически отсутствуют исследования по построению DSGE-моделей, в которых конструируется эндогенный рынок жилья, анализируется влияние различных шоков на сектор жилой недвижимости и шоков сектора жилой недвижимости на экономику. Единственной работой, связанной с этим направлением, является [Вихарев и др., 2023]. Однако в этом исследовании производство рынка жилья задается экзогенным процессом авторегрессии первого порядка, сам фокус сконцентрирован на неравенстве различных групп домохозяйств и включение недвижимости по большей части необходимо для выделения ограниченной в заимствованиях группы домохозяйств.

В связи с изложенными положениями построение DSGE-модели российской экономики с жилищным сектором представ-

¹ Доклад для общественных консультаций «Программы “льготной ипотеки от застройщика”». М.: Банк России, 2022; Годовой отчет Банка России за 2022 год. М.: Банк России, 2023; Основные направления развития финансового рынка Российской Федерации на 2024 год и период 2025 и 2026 годов. М.: Банк России, 2023.

ляется актуальным не только для сценарного прогнозирования и анализа отечественного сектора жилой недвижимости, но и в качестве фундамента для исследования влияния различных инструментов монетарной, фискальной, макропруденциальной политики.

Работа имеет следующую структуру. В первом разделе представлен обзор литературы. Во втором описывается DSGE-модель российской экономики с рынком жилья и гетерогенными домохозяйствами. Третий раздел посвящен калибровке и оценке DSGE-модели. В четвертом анализируются импульсные отклики макропеременных при различных сценариях. В пятом разделе проводится проверка на робастность DSGE-модели при использовании различной функциональной формы полезности домохозяйств. Последний раздел содержит итоговые выводы.

1. Обзор литературы

Моделирование сектора жилой недвижимости, как правило, неразрывно связано с долговыми обязательствами домохозяйств. Вопросы, связанные с дефляцией долга², ролью финансовых факторов (например, собственного капитала заемщиков) ставились еще в работе [Fisher, 1933]. Однако до начала 2000-х годов практически не было попыток установления связи между колебаниями на рынке жилья и макроэкономической динамикой (см., например, [Leung, 2004]).

Жилая недвижимость как компонент полезности домохозяйств была включена в модель общего равновесия, например, еще в работе [Diaz-Gimenez et al., 1992]. Но именно исследование [Iacoviello, 2001] (в последующем сжатое и представленное в [Iacoviello, 2005]), которое также являлось одной из пионерских работ по внедрению в DSGE-модель более полной версии модели рынка жилой недвижимости, стало фундаментом для обширного пласта работ по изучению взаимосвязи данного сектора с экономикой и влияния политических инструментов на сферу недвижимости. По этой причине на нем стоит остановиться подробнее.

Автором исследуются долговые обязательства, цены на активы и ограничения, трения на рынке заимствования как механизмы передачи и распространения шоков в экономике США. Недвижимость в работе отождествляется с активами (соответственно, цена недвижимости — с ценой активов), а ее номинальная сто-

² Явление, при котором из-за снижения цен (дефляции) реальная стоимость долга (например, по ипотечным кредитам) увеличивается.

имость пропорциональна величине максимально возможного долга (играет роль залога), который могут иметь экономические агенты. Следовательно, рынок недвижимости является в некотором смысле прокси для ситуации на кредитном и финансовом рынках.

В построенной автором модели группа экономических агентов состоит из трех бесконечно живущих групп, две из которых — так называемые терпеливые (сберегающие) и нетерпеливые (заемщики) домохозяйства — стали наиболее распространенными при внедрении гетерогенности домохозяйств в DSGE-модель с рынком жилой недвижимости. Терпеливые домохозяйства получают полезность от потребления, досуга, наличия жилья и денежных остатков. Их доход складывается из оплаты труда, который они поставляют предпринимателям для производства композитного блага, дивидендов фирм, чистых трансфертов и доходности одалживаемых другим домохозяйствам средств. Нетерпеливые домохозяйства имеют схожую с терпеливыми задачу максимизации полезности. Разница состоит в том, что нетерпеливые агенты являются чистыми заемщиками и не получают дивидендов от деятельности компаний. Третий тип домохозяйств — предприниматели — использует капитал, жилую площадь, труд терпеливых и нетерпеливых домохозяйств (которые не являются совершенными субститутами) для производства композитного товара, который потребляется домохозяйствами.

Следующая важная особенность, которая была использована в модели и стала распространенной в последующих исследованиях, — ограничение на заимствования (залоговое ограничение) нетерпеливых домохозяйств. Ограничение представляет собой долю от ожидаемой номинальной стоимости недвижимости заемщиков, дисконтированную на ставку процента³. Чем выше залог (в виде недвижимости) может предоставить экономический агент, тем больше средств ему может гарантировать кредитор (поскольку долг становится более обеспеченным). Это дает нетерпеливым домохозяйствам более широкие возможности финансировать свои расходы за счет займов. Долю в ограничении можно интерпретировать как LTV-коэффициент (соотношение кредита и залога)⁴.

³ В работе 2001 года [Iacoviello, 2001] в залоговое ограничение также добавлялся взвешенный компонент трудовых доходов. Его интерпретация заключалась в определении финансового положения заемщика, возможности расплатиться с долгами.

⁴ Предприниматели сталкиваются с аналогичным ограничением, только без компонента заработных плат.

В последующих исследованиях продолжилось развитие DSGE-моделирования рынка жилой недвижимости с добавлением содержательно обоснованной специфики. Например, в работе [Aoki et al., 2004] авторы показали, что ввод механизма финансового акселератора позволил гораздо лучше воспроизвести импульсные отклики переменных сектора жилой недвижимости, полученные на основе VAR-модели.

Исследования, которые были названы ранее, объединяла следующая особенность: процесс производства жилья включался в модель косвенным образом, не задавался в модели как отдельная полноценная отрасль экономики. В работе [Iacoviello, 2005] предполагалось, что размер жилищного фонда фиксирован и постоянен в каждый момент времени, а динамике подвержены лишь цены на недвижимость и доли владения разными типами домохозяйств. В исследовании [Aoki et al., 2004] производство жилья задавалось достаточно сжатым процессом в предположении, что фирмы трансформируют некоторый объем финального композитного блага в единицу недвижимости. Несмотря на компактность представленных подходов, обеспечивающих упрощение модели, они в некоторых случаях не учитывали важные макроэкономические связи (см., например, [Davis, Heathcote, 2005; Iacoviello, Neri, 2010]).

Одними из первых, кто сгладил данный недостаток, были авторы исследования [Davis, Heathcote, 2005], в котором была сконструирована DSGE-модель экономики США с жилищным сектором, полностью обособленным от иного производства. Помимо выделения рынка жилья еще одним дополнительным важным нововведением в этой работе было включение земли как фактора производства недвижимости. Как отмечают авторы, помимо очевидной интерпретации (здания возводятся на земле) переменная позволяет добавить в модель упущенные макроэкономические взаимосвязи и повысить качество модели с точки зрения реальных данных. При постоянном предложении земли она, в частности, играет роль корректировочных издержек для инвестиций в сектор жилой застройки. Поскольку фактор постоянен, а его рентная стоимость при стимулирующих сектор жилой недвижимости шоках растет, дополнительное увеличение инвестиций приведет к меньшему приросту фонда жилья. В свою очередь, это будет приводить к дополнительному росту цен на недвижимость. Соответственно, помимо снижения волатильности инвестиций (для большей согласованности с реальными данными) модель также обеспечивает положительную корреляцию инвестиций и цен в секторе жилого строительства. По мнению авторов, дезагрегирование секторов и ввод земли как фактора производства

ощутимо усилили способность модели воспроизводить реальные данные.

Отмеченные взаимосвязи были учтены в работе [Iacoviello, Neri, 2010] (представляющей последовательное расширение DSGE-модели из исследования [Iacoviello, 2005] и также ставшей фундаментальной в этом направлении), в которой авторы изучали источники колебаний цен и инвестиций на рынке жилья США в период с 1965 по 2006 год, а также роль залогового ограничения. Помимо прочего, в исследовании вводился подход к моделированию опосредованного механизма сдерживания гибких цен на жилую недвижимость через промежуточные товары (например, цемент, песок), необходимые для производства жилья и закупаемые на рынке с негибкими ценами, и землю, предложение которой фиксировано⁵.

Авторы работы [Guerrieri, Iacoviello, 2017] в ограничение на заимствования для нетерпеливых домохозяйств ввели взвешенный лаг долга, что стало распространенной предпосылкой в последующих исследованиях (см., например, [Adolfson, 2017; Asimakopoulou, Asimakopoulou, 2019; Harding, Klein, 2022]). В названных работах отмечалось, что залоговое ограничение полностью снимается только для той группы нетерпеливых домохозяйств, которая либо рефинансирует свой долг, либо переезжает. Ввод этого механизма, по мнению авторов, в упрощенной форме позволяет учесть обозначенные микропроцессы без их непосредственного моделирования.

Дополнительные блоки для моделирования жилищного рынка или его применения для анализа некоторых экономических аспектов в контексте моделей общего равновесия использовались и в исследованиях по другим направлениям. Например, ввод съемного рынка жилья в работе [Mora-Sanguinetti, Rubio, 2014] позволил учесть эффект перетока спроса на арендную недвижимость при повышении НДС на жилье и отмене налогового вычета при покупке жилья. В исследованиях [Hinterschweiger et al., 2021; Nookhwun, Tsomocos, 2017] жилищный сектор выступал важным компонентом для тестирования эффектов макропруденциальных инструментов в DSGE-моделях, поскольку ипотека с риском дефолта являлась одной из существенных составляющих банковского баланса.

⁵ Как правило, цены на жилье моделируются гибкими. Например, в [Barsky et al., 2007; Iacoviello, Neri, 2010] это положение выводится из следующих рассуждений. Во-первых, цена существенной части жилой недвижимости обозначается в период первой продажи. Во-вторых, недвижимость обладает относительно высокой стоимостью в расчете на единицу товара. По этой причине возникает большой стимул к ведению переговоров, торговле, даже если у продавца присутствуют издержки меню.

2. Описание DSGE-модели российской экономики с сектором жилой недвижимости

В экономике функционируют три типа домохозяйств: терпеливые, нетерпеливые и нерикардрианские. Терпеливые домохозяйства максимизируют свое потребление и объемы жилья в собственности, накапливают капитал, осуществляют инвестиции, владеют фирмами, продают фирмам свой труд и получают от них дивиденды, одалживают средства под залог жилья нетерпеливым домохозяйствам, могут сглаживать свое потребление за счет покупки государственных и зарубежных облигаций. Процентная ставка для резидентов на внешнем рынке определяется из соотношения имеющихся зарубежных активов к отечественному ВВП, что отражает механизм премии за риск. Нетерпеливые домохозяйства решают аналогичную терпеливым домохозяйствам задачу с точки зрения потребления, собственного жилья, труда. Единственный канал сглаживания потребления для нетерпеливых домохозяйств — ипотечные займы у терпеливых под залог жилой недвижимости. Третий тип домохозяйств — нерикардрианский — не имеет доступа к финансовым рынкам и решает однопериодную задачу максимизации потребления и выбора количества предлагаемого труда. В отличие от терпеливых и нетерпеливых домохозяйств нерикардрианские не решают задачу оптимальных инвестиций в жилье, а просто каждый период компенсируют вышедшую из-за амортизации недвижимость.

В экономике существует четыре сектора — внутренне ориентированный, жилищный, экспортный, импортный (далее для их обозначения используются индексы *dom*, *house*, *ex* и *im* соответственно). Внутренне ориентированные и импортные товары используются для производства композитного блага и направляются на потребление, инвестиции в основной капитал, государственные расходы, покрытие издержек кредитования нетерпеливых домохозяйств и промежуточных товаров для производства жилья. В модель вводятся жесткости заработных плат, цен, издержки установки капитала, загрузки мощностей для внутренне ориентированного сектора и изменения рабочей силы, которая является общей по секторам и труду различных типов домохозяйств. Предполагается, что часть валютной выручки изымается из экспортных доходов.

Центральный банк придерживается правила таргетирования инфляции. Расходы государственного бюджета определяются как траты на композитные товары, услуги, субсидирование ипотечных кредитов и погашение обязательств по облигациям. Доходы определяются как сумма всех собранных налогов и привлеченных в долг средств.

Домохозяйства

Терпеливые домохозяйства

Терпеливые домохозяйства максимизируют свою функцию полезности:

$$U(i)_t = E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta^p)^s \left(\begin{array}{l} \varphi^{c,p} \ln(c^p(i)_{t+s} - \xi^p c_{t+s-1}^p) + \\ + Z_t^{p,h} \ln(h^p(i)_{t+s} - \mathfrak{Z}^p \bar{h}^p) - \\ - \frac{\varphi^{L,p}}{1 + \tau_L^p} (L^p(i)_{t+s})^{1+\tau_L^p} \end{array} \right), \quad (1)$$

$$\ln(Z_t^{p,h}) = \rho^{p,h} \ln(Z_{t-1}^{p,h}) + \varepsilon_t^{p,h} \quad (2)$$

в соответствии с бюджетным ограничением:

$$\begin{aligned} & (1 + \Xi_c) p c_t c^p(i)_t + I C L_t + p c_t Inv^{ex}(i)_t + \\ & + p c_t Inv^{dom}(i)_t + p c_t Inv^{house}(i)_t + p c_t Inv^{fix}(i)_t + \\ & + q_t (h^p(i)_t - (1 - \delta_h) h^p(i)_{t-1}) + A^p(i)_t + \\ & + \frac{\aleph_A}{2} \left(\frac{A^p(i)_t}{Y_t} - \frac{\bar{A}^p}{\bar{Y}} \right)^2 Y_t + S_t B(i)_{f,t} + T^p(i)_t + \\ & + \frac{\psi_w}{2} \left(\frac{w^p(i)_t}{w^p(i)_{t-1}} - 1 \right)^2 w^p_t L^p_t = R_{t-1} A^p(i)_{t-1} + \\ & + S_t R_{f,t-1} B(i)_{f,t-1} + (1 - \Xi_w) w^p(i)_t L^p(i)_t + \\ & + (1 - IT_t^{ex}) u(i)_t^{ex} k(i)_t^{ex} + (1 - IT_t) u(i)_t^{dom} \times \\ & \times (cu(i)_t^{dom} k(i)_t^{dom}) + (1 - IT_t) u(i)_t^{house} k(i)_t^{house} + \\ & + Div(i)_t + R_{land,t}^{house} land(i)_t^{house} - \\ & - \frac{\varphi_{cu}}{\psi_{cu}} \left(e^{\psi_{cu}(cu(i)_t^{dom}-1)} - 1 \right) p c_t k(i)_t^{dom}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$A^p(i)_t = B^p(i)_t + D^p(i)_t, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} Div(i)_t &= (1 - IT_t) Profit(i)_t^{dom} + \\ &+ (1 - IT_t) Profit(i)_t^{house} + (1 - IT_t) Profit(i)_t^{lm} \end{aligned} \quad (5)$$

и ограничениями на динамику капитала, индивидуальный спрос на труд, совокупный труд:

$$k(i)_{t+1}^J = (1 - \delta)k(i)_t^J + \left(1 - \frac{\psi_{Inv}}{2} \left(\frac{Inv(i)_t^J}{Inv(i)_{t-1}^J} - 1\right)^2\right) Inv(i)_t^J, \quad (6)$$

$$L^p(i)_t = \left(\frac{w^p(i)_t}{w_t^p}\right)^{-\eta_L} L_t^p, \quad (7)$$

$$L^p(i)_t = L^p(i)_t^{ex} + L^p(i)_t^{dom} + L^p(i)_t^{house}, \quad (8)$$

где $c^p(i)$ — потребление терпеливых домохозяйств, ξ^p — привычки в потреблении терпеливых домохозяйств, $h^p(i)$ — объем жилья в распоряжении терпеливых домохозяйств для собственного пользования, $\varepsilon^{p,h}$ — шок предпочтения жилья, $\rho^{p,h}$ — автокорреляция, $L^p(i)$ — количество труда терпеливых домохозяйств, $\varphi^{c,p}$ и $\varphi^{L,p}$ — нормировочные константы, τ_t^p — величина, обратная эластичности предложения труда по заработной плате терпеливых домохозяйств, β^p — коэффициент дисконтирования терпеливых домохозяйств, pc — уровень цен композитного блага, $Inv^{ex}(i)$ — инвестиции в экспортный сектор, $Inv^{dom}(i)$ — инвестиции во внутренне ориентированный сектор, $Inv^{house}(i)$ — инвестиции в жилищный сектор, $Inv^{fix}(i)$ — немоделируемые (например, в импортном секторе, который не задается в форме производственной сферы) и статичные инвестиции, q — стоимость единицы жилья, \aleph_A — коэффициент издержек коррекции активов терпеливых домохозяйств, $A^p(i)$ — активы терпеливых домохозяйств, Y_t — номинальный выпуск, \bar{A}^p/\bar{Y} — долгосрочное соотношение активов терпеливых домохозяйств и номинального выпуска, $D^p(i)$ — объем государственных облигаций, $B^p(i)$ — объем депозитов, $B(i)_f$ — объем зарубежных облигаций, S — номинальный обменный курс, $T^p(i)$ — прочие налоги/трансферты терпеливых домохозяйств, $land(i)^{house}$ — площадь земли, которая используется для производства жилья, ψ_w — коэффициент издержек коррекции зарплат, R — номинальная ставка процента (безрисковая ставка), R_f — номинальная ставка на внешнем рынке, $w^p(i)$ — уровень заработных плат терпеливых домохозяйств, $u^{ex}(i)$ — рентная стоимость капитала в экспортном секторе, $u^{dom}(i)$ — рентная стоимость капитала во внутренне ориентированном секторе, $u^{house}(i)$ — рентная стоимость капитала в жилищном секторе, $k^{ex}(i)$ — объем накопленного капитала для экспортного сектора, $k^{dom}(i)$ — объем накопленного капи-

тала для внутренне ориентированного сектора, $k^{house}(i)$ — объем накопленного капитала для жилищного сектора, $cu(i)^{dom}$ — загрузка капитала во внутренне ориентированном секторе, $Div(i)$ — дивиденды, получаемые терпеливыми домохозяйствами (с учетом уплаты налогов), $Profit$ — прибыль фирм в соответствующем секторе, δ_h — норма амортизации жилья, R_{land}^{house} — рента, получаемая терпеливыми домохозяйствами от фирм в жилищном секторе за использование земли, ICL — часть изъятой валютной выручки из экспортных доходов, Ξ_c — НДС на потребительские товары, Ξ_w — ставка налога на заработную плату (доходы физических лиц), скорректированная на страховые взносы, IT — налог на прибыль, IT^{ex} — налог на прибыль для экспортного сектора⁶, ψ_{inv} — коэффициент издержек установки капитала, δ — норма амортизации капитала, η_L — эластичность спроса на труд домохозяйств, L^p — агрегированный уровень труда терпеливых домохозяйств, w^p — агрегированный уровень зарплат терпеливых домохозяйств, \varkappa^p — коэффициент для обеспечения стабильности модели в механизме штрафа из-за снижения объемов жилья ниже устойчивого уровня, \bar{h}^p — уровень объема жилого фонда терпеливых домохозяйств в устойчивом состоянии.

Вопрос включения в модель переменных, характеризующих привычки во владении жильем, является дискуссионным и не столь распространенным. Например, в работе [Harding, Klein, 2022] авторы считают необходимым их включение, в то время как авторы работы [Iacoviello, Neri, 2010] не нашли им подтверждения. В настоящем исследовании вводится «штраф» в функцию полезности для терпеливых домохозяйств, если объем жилищного фонда ниже устойчивого состояния. Ввод этого механизма предопределен как с технической, так и с содержательной точек зрения.

С технической точки зрения в случае отсутствия такого механизма при наращивании нетерпеливыми домохозяйствами спроса на жилье (например, вследствие шока субсидирования ипотеки) терпеливые могут активно начать наращивать предложение жилья. В результате, с одной стороны, этот эффект сильно занижает реакцию цен на величину предложения жилья, поскольку рост предложения почти нивелирует рост спроса, а с другой — из-за роста предложения жилья терпеливыми домохозяйствами снижаются стимулы к производству нового жилья.

⁶ В работе рента капитала так же позиционируется как прибыль (см., например, [Stähler, Thomas, 2012; Zubairy, 2014]). В частности, такая постановка в модели позволяет учесть налоговый сбор в экспортном секторе, который в силу определенных причин, описанных далее, функционирует на рынке совершенной конкуренции.

С содержательной точки зрения можно предположить следующее. Уровень объемов жилья в устойчивом состоянии домохозяйств, которые покупают его исключительно за свой счет, является оптимальным в долгосрочном периоде. В то же время продажа и покупка жилья, как правило, связаны с гораздо большими издержками, чем товары недлительного пользования, идущие на потребление. По этой причине терпеливые домохозяйства будут очень неохотно отклоняться от оптимального уровня жилья, и только в случае, если, по их оценкам, дальнейшие выгоды от этой продажи будут достаточно велики. Исходя из этих обстоятельств, представляется обоснованным ввести в модель переменные, описывающие привычки во владении жильем.

Нетерпеливые домохозяйства

Нетерпеливые домохозяйства максимизируют свою функцию полезности:

$$U(i)_t = E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta^n)^s \left(\begin{aligned} &\varphi^{c,n} \ln(c^n(i)_{t+s} - \xi^n c^n_{t+s-1}) + \\ &+ Z_t^{p,h} \ln(h^n(i)_{t+s}) - \\ &- \frac{\varphi^{L,n}}{1 + \tau_L^n} (L^n(i)_{t+s})^{1+\tau_L^n} \end{aligned} \right) \quad (9)$$

в соответствии с бюджетным ограничением:

$$\begin{aligned} &(1 + \varepsilon_c) p_{c,t} c^n(i)_t + q_t (h^n(i)_t - (1 - \delta_h) h^n(i)_{t-1}) + \\ &+ (R_{c,t-1} - R_{c,t-1}^s) B^n(i)_{t-1} + T^n(i) + \\ &+ \frac{\psi_w}{2} \left(\frac{w^n(i)_t}{w^n(i)_{t-1}} - 1 \right)^2 w^n(i)_t L^n(i)_t = \\ &= B^n(i)_t + (1 - \varepsilon_w) w^n(i)_t L^n(i)_t, \end{aligned} \quad (10)$$

$$R_{c,t}^s = \sum_{i=0}^N \varepsilon_{t-i}^{c,s} \quad (11)$$

и ограничением на заимствования, индивидуальный спрос на труд, совокупный труд:

$$\begin{aligned} &B^n(i)_t = p_{lag}^B B^n(i)_{t-1} + \\ &+ (1 - p_{lag}^B) m E_t \left(\frac{q_{t+1} (1 - \delta_h) h^n(i)_t}{R_{c,t} - R_{c,t-1}^s} \right), \end{aligned} \quad (12)$$

$$m_t = (1 - \rho^{LTV}) \bar{m} + \rho^{LTV} m_{t-1} + \varepsilon_t^{LTV}, \quad (13)$$

$$L^n(i)_t = \left(\frac{w^n(i)_t}{w_t^n} \right)^{-\eta_L} L_t^n, \quad (14)$$

$$L^n(i)_t = L^n(i)_t^{ex} + L^n(i)_t^{dom} + L^n(i)_t^{house}, \quad (15)$$

где $c^n(i)$ — потребление нетерпеливых домохозяйств, ξ^n — привычки в потреблении нетерпеливых домохозяйств, $h^n(i)$ — объем собственного жилья в распоряжении нетерпеливых домохозяйств, $L^n(i)$ — количество труда нетерпеливых домохозяйств, $\varphi^{c,n}$ и $\varphi^{L,n}$ — нормировочные константы, τ_L^n — величина, обратная эластичности предложения труда по заработной плате нетерпеливых домохозяйств, β^n — коэффициент дисконтирования нетерпеливых домохозяйств, $B^n(i)$ — объем занимаемых на ипотеку средств нетерпеливыми домохозяйствами, $T^n(i)$ — прочие налоги/трансферты нетерпеливых домохозяйств, R_c — номинальная ставка по кредитам/займам, R_c^s — государственная субсидия ипотечных кредитов в процентах, скорректированная на долю ипотеки в общей задолженности⁷, $w^n(i)$ — уровень заработных плат нетерпеливых домохозяйств, δ_h — норма амортизации жилья, m — отношение кредита к стоимости приобретаемого актива или залога (LTV), \bar{m} — стационарное состояние m , ρ^{LTV} — коэффициент автокорреляции, ε^{LTV} — шок коэффициента LTV, ε_t — шок субсидирования ипотеки, p_{lag}^B — лаг занимаемых средств, η_L — эластичность спроса на труд домохозяйств, L^n — агрегированный уровень труда нетерпеливых домохозяйств, w^n — агрегированный уровень зарплат нетерпеливых домохозяйств.

Нерикардианские домохозяйства

Нерикардианские домохозяйства максимизируют свою функцию полезности, решая однопериодную задачу:

$$U(i)_t = \left(\ln(c^{nr}(i)_t) + \ln(h^{nr}(i)) - \frac{\varphi^{nr}}{1 + \tau_L^{nr}} (L^{nr}(i)_t)^{1 + \tau_L^{nr}} \right) \quad (16)$$

в соответствии с бюджетным ограничением:

$$\begin{aligned} (1 + \Xi_c) p c_t c^{nr}(i)_t + q_t \delta_h h^{nr}(i) + T^{nr}(i) &= \\ &= (1 - \Xi_w) w^{nr}(i)_t L^{nr}(i)_t \end{aligned} \quad (17)$$

и индивидуальным спросом на труд, совокупным трудом:

$$L^{nr}(i)_t = \left(\frac{w^{nr}(i)_t}{w_t^{nr}} \right)^{-\eta_L} L_t^{nr}, \quad (18)$$

⁷ В работе рассматривается шок субсидирования ипотеки на период q .

$$L^{nr}(i)_t = L^{nr}(i)_t^{ex} + L^{nr}(i)_t^{dom} + L^{nr}(i)_t^{house}, \quad (19)$$

где $c^{nr}(i)$ — потребление нерикардианских домохозяйств, $h^{nr}(i)$ — объем собственного жилья в распоряжении нерикардианских домохозяйств, $L^{nr}(i)$ — количество труда нерикардианских домохозяйств, φ^{nr} — нормировочная константа, τ_L^{nr} — величина, обратная эластичности предложения труда по заработной плате нерикардианских домохозяйств, $T^{nr}(i)$ — прочие налоги/трансферты нерикардианских домохозяйств, $w^{nr}(i)$ — уровень заработных плат нерикардианских домохозяйств, δ_h — норма амортизации жилья, η_L — эластичность спроса на труд домохозяйств, L^{nr} — агрегированный уровень труда нерикардианских домохозяйств, w^{nr} — агрегированный уровень заработных плат нерикардианских домохозяйств.

Как правило, в исследованиях зарубежных (см., например, [Eskelinen, 2021]) и российской (см., например, [Вихарев и др., 2023]) экономик предполагается, что нерикардианские домохозяйства не владеют недвижимостью. Однако, как подмечено в [Вихарев и др., 2023], это не вполне справедливо для российской экономики, в которой большинство домохозяйств владеют жильем. Авторы объясняют это «бесплатной» приватизацией, более низкой трудовой мобильностью по сравнению со странами Европы и США, а также тем, что в российском менталитете отсутствует традиция долгосрочной аренды жилья. В настоящей работе используется промежуточный вариант: нерикардианские домохозяйства обладают фиксированным объемом жилья (например, переходящего по наследству) и лишь компенсируют вышедшее из-за амортизации жилье по текущим рыночным ценам.

Фирмы

Задача фирм в экспортном секторе

Фирмы максимизируют свою дисконтированную стоимость на рынке совершенной конкуренции:

$$\begin{aligned} V(i)_t^{ex} = & E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta^p)^s \frac{\lambda_{t+s} p c_t}{\lambda_t p c_{t+s}} (p^{ex}(i)_{t+s} Y^{ex}(i)_{t+s} - \\ & - w^{nr}(i)_{t+s} L^{nr}(i)_{t+s}^{ex} - w^n(i)_{t+s} L^n(i)_{t+s}^{ex} - w^p(i)_{t+s} L^p(i)_{t+s}^{ex} - \\ & - u(i)_{t+s}^{ex} k(i)_{t+s}^{ex} - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^p(i)_{t+s}^{ex}}{L^p(i)_{t+s-1}^{ex}} - 1 \right)^2 w_{t+s}^p L_{t+s}^{p\ ex} - \\ & - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^n(i)_{t+s}^{ex}}{L^n(i)_{t+s-1}^{ex}} - 1 \right)^2 w_{t+s}^n L_{t+s}^{n\ ex} - \\ & - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^{nr}(i)_{t+s}^{ex}}{L^{nr}(i)_{t+s-1}^{ex}} - 1 \right)^2 w_{t+s}^{nr} L_{t+s}^{nr\ ex}) \end{aligned} \quad (20)$$

в соответствии с ограничением:

$$Y(i)_t^{ex} = A^{ex} \left((L^p(i)_t^{ex})^{\alpha_L^p} (L^n(i)_t^{ex})^{\alpha_L^n} \right) \times \\ \times (L^{nr}(i)_t^{ex})^{(1-\alpha_L^p-\alpha_L^n)} k(i)_t^{ex(\alpha^{ex})}, \quad (21)$$

где $Y^{ex}(i)$ — выпуск фирмы в экспортном секторе, $p^{ex}(i)$ — цена продукции фирмы, A^{ex} — технологический фактор фирм, α_L^p — доля труда терпеливых домохозяйств в затратах труда, α_L^n — доля труда нетерпеливых домохозяйств в затратах труда, α^{ex} — эластичность выпуска по капиталу, λ — множитель Лангража при бюджетном ограничении в решении задачи терпеливых агентов, ψ_L — издержки коррекции труда.

Задача фирм в жилищном секторе

Фирмы максимизируют свою дисконтированную стоимость:

$$V(i)_t^{house} = E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta^p)^s \frac{\lambda_{t+s} p c_t}{\lambda_t p c_{t+s}} (q(i)_{t+s} H(i)_{t+s} - \\ - w^{nr}(i)_{t+s} L^{nr}(i)_{t+s}^{house} - w^n(i)_{t+s} L^n(i)_{t+s}^{house} - \\ - w^p(i)_{t+s} L^p(i)_{t+s}^{house} - u(i)_{t+s}^{house} k(i)_{t+s}^{house} - \\ - R(i)_{land,t+s}^{house} land(i)_{t+s}^{house} - p c_{t+s} k(i)_{b,t+s} - \\ - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^p(i)_{t+s}^{house}}{L^p(i)_{t+s-1}^{house}} - 1 \right)^2 w_{t+s}^p L_{t+s}^{p\ house} - \\ - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^n(i)_{t+s}^{house}}{L^n(i)_{t+s-1}^{house}} - 1 \right)^2 w_{t+s}^n L_{t+s}^{n\ house} - \\ - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^{nr}(i)_{t+s}^{house}}{L^{nr}(i)_{t+s-1}^{house}} - 1 \right)^2 w_{t+s}^{nr} L_{t+s}^{nr\ house}) \quad (22)$$

в соответствии с ограничениями на производственный процесс индивидуальной фирмы и на спрос индивидуальной фирмы:

$$H(i)_t = Z_t^{t,h} A^{house} \times \\ \times \left(\begin{array}{l} (L^p(i)_t^{house})^{\alpha_L^p} \times \\ \times (L^n(i)_t^{house})^{\alpha_L^n} \times \\ \times (L^{nr}(i)_t^{house})^{(1-\alpha_L^p-\alpha_L^n)} \end{array} \right)^{(1-\alpha^{house}-\gamma^{house}-\omega^{house})} \times \quad (23) \\ \times k(i)_t^{house(\alpha^{house})} land(i)_t^{house(\gamma^{house})} k(i)_{b,t}^{(\omega^{house})},$$

$$H(i)_t = \left(\frac{q(i)_t}{q_t} \right)^{-\eta_p^{house}} H_t, \quad (24)$$

$$\ln(Z_t^{t,h}) = \rho^{t,h} \ln(Z_{t-1}^{t,h}) + \varepsilon_t^{t,h}, \quad (25)$$

где $H(i)$ — выпуск фирмы в жилищном секторе, $q(i)$ — цена продукции фирмы в жилищном секторе, H — агрегированный выпуск, q — агрегированная цена продукции, выпущенной фирмой, $\varepsilon^{t,h}$ — технологический шок на рынке жилья, $\rho^{t,h}$ — автокорреляция, η_p^{dom} — эластичность замещения между товарами фирм, A^{house} — технологический фактор фирм, α^{house} — эластичность выпуска по капиталу, γ^{house} — эластичность выпуска по фактору земля, ω^{house} — эластичность выпуска по промежуточному продукту, $k(i)_b$ — промежуточный продукт для производства жилья.

Задача фирм во внутренне ориентированном секторе

Фирмы максимизируют свою дисконтированную стоимость:

$$\begin{aligned} V(i)_t^{dom} = E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta^p)^s & \frac{\lambda_{t+s} p c_t}{\lambda_t p c_{t+s}} (p^{dom}(i)_{t+s} Y^{dom}(i)_{t+s} - \\ & - w^{nr}(i)_{t+s} L^{nr}(i)_{t+s}^{dom} - w^n(i)_{t+s} L^n(i)_{t+s}^{dom} - \\ & - w^p(i)_{t+s} L^p(i)_{t+s}^{dom} - u(i)_{t+s}^{dom} (cu(i)_{t+s}^{dom} k(i)_{t+s}^{dom}) - \\ & - \frac{\psi_p^{dom}}{2} \left(\frac{p^{dom}(i)_{t+s}}{p^{dom}(i)_{t+s-1}} - 1 \right)^2 p_{t+s}^{dom} Y_{t+s}^{dom} - \\ & - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^p(i)_{t+s}^{dom}}{L^p(i)_{t+s-1}^{dom}} - 1 \right)^2 w_{t+s}^p L_{t+s}^{p dom} - \\ & - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^n(i)_{t+s}^{dom}}{L^n(i)_{t+s-1}^{dom}} - 1 \right)^2 w_{t+s}^n L_{t+s}^{n dom} - \\ & - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^{nr}(i)_{t+s}^{dom}}{L^{nr}(i)_{t+s-1}^{dom}} - 1 \right)^2 w_{t+s}^{nr} L_{t+s}^{nr dom} \end{aligned} \quad (26)$$

в соответствии с ограничениями на производственный процесс индивидуальной фирмы и на ее спрос:

$$\begin{aligned} Y(i)_t^{dom} = A^{dom} & \left((L^p(i)_t^{dom})^{(\alpha_L^p)} (L^n(i)_t^{dom})^{(\alpha_L^n)} \times \right. \\ & \left. \times (L^{nr}(i)_t^{dom})^{(1-\alpha_L^p-\alpha_L^n)} \right)^{(1-\alpha^{dom})} (cu(i)_t^{dom} k(i)_t^{dom})^{(\alpha^{dom})}, \end{aligned} \quad (27)$$

$$Y(i)_t^{dom} = \left(\frac{p(i)_t^{dom}}{p_t^{dom}} \right)^{-\eta_p^{dom}} Y_t^{dom}, \quad (28)$$

где $Y^{dom}(i)$ — выпуск фирмы во внутренне ориентированном секторе, $p^{dom}(i)$ — цена продукции фирмы, Y^{dom} — агрегированный выпуск, η_p^{dom} — эластичность замещения между товарами фирм, p^{dom} — агрегированная цена, ψ_p^{dom} — коэффициент издержек коррекции цен фирмами, A^{dom} — технологический фактор фирм, α^{dom} — эластичность выпуска по капиталу.

Предполагается, что фирмы во внутренне ориентированном секторе могут осуществлять подстройку капитала под текущие условия. Например, в работе [Полбин, Синельников-Мурылев, 2024] это объяснялось тем, что ощутимую долю во внутренне ориентированном секторе занимает сфера услуг, где существуют свободные мощности, загруженность которых относительно легко регулировать.

Задача фирм в импортном секторе

Фирмы максимизируют свою ожидаемую дисконтированную стоимость:

$$V(i)_t^{im} = E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta^p)^s \frac{\lambda_{t+s} p c_t}{\lambda_t p c_{t+s}} (p(i)_{t+s}^{im} Im(i)_{t+s} - S_{t+s} p_{t+s}^* Im(i)_{t+s} - \frac{\psi_p^{im}}{2} \left(\frac{p(i)_{t+s}^{im}}{p(i)_{t+s-1}^{im}} - 1 \right)^2 p_{t+s}^{im} Im_{t+s}) \quad (29)$$

при ограничении на спрос индивидуальной фирмы:

$$Im(i)_t = \left(\frac{p(i)_t^{im}}{p_t^{im}} \right)^{-\eta_p^{im}} Im_t, \quad (30)$$

где $p(i)^{im}$ — индивидуальный уровень импортных цен на внутреннем рынке, $Im(i)$ — индивидуальный объем предложения фирмами импортных товаров, Im — агрегированный объем предложения импортных товаров фирмой-ритейлером, η_p^{im} — эластичность замещения между товарами импортирующих фирм, ψ_p^{im} — коэффициент издержек на корректировку внутренних цен на импортные товары.

Сектор производства композитного товара

Фирмы максимизируют свою прибыль:

$$V_t^c = p_{c_t} Y_t^c - p_t^{im} I m_t - p_t^{dom} Y_t^{dom}, \quad (31)$$

$$Y_t^c = \frac{(Y_t^{dom})^\chi (I m_t)^{(1-\chi)}}{\chi^\chi (1-\chi)^{(1-\chi)}}, \quad (32)$$

где Y_t^c — выпуск композитного блага, χ — доля внутренне ориентированного товара в выпуске композитного блага.

**Экспорт, чистый экспорт, равенство счета
текущих операций и финансовых потоков,
условия торговли**

Уравнения чистого экспорта, изъятой валютной выручки и динамики зарубежных активов представлены следующим образом:

$$N x_t = p_t^{ex} Y_t^{ex} - S_t p_t^* I m_t, \quad (33)$$

$$C I L_t = (1 - \tau) p_t^{ex} Y_t^{ex}, \quad (34)$$

$$\begin{aligned} S_t B f_t &= p_t^{ex} Y_t^{ex} - S_t p_t^* I m_t + S_t R f_{t-1} B f_{t-1} - C I L_t = \\ &= \tau p_t^{ex} Y_t^{ex} - S_t p_t^* I m_t + S_t R f_{t-1} B f_{t-1}, \end{aligned} \quad (35)$$

где Nx — чистый экспорт, CIL — объем изъятия средств из экспортных доходов, S — номинальный обменный курс, Bf — зарубежные облигации, Rf — внешняя ставка доходности.

Доля валютной выручки в размере $(1 - \tau)$ изымается из экспортных доходов (не направляется на покупку импортных товаров или иностранных облигаций). Этот механизм вводится для соответствия данным российской статистики и всё чаще применяется в последних исследованиях [Полбин, Синельников-Мурылев, 2024; Lomonosov, 2023]. Впервые этот механизм был предложен в публикациях [Шульгин, 2014a; 2014b], где он содержательно объяснялся ошибками/пропусками в данных и сомнительными сделками с капиталом. В работе [Полбин, Синельников-Мурылев, 2024] этот механизм интерпретируется как рентный платеж иностранным инвесторам, зарубежным владельцам отечественного капитала, а также создание сбережений от выручки от продажи углеводородов в предположении об их исчерпаемости в долгосрочной перспективе.

Условия торговли описываются экзогенным авторегрессионным процессом первого порядка:

$$\ln\left(\frac{p_t^{ex}}{S_t p_t^*}\right) = \rho^{tot} \ln\left(\frac{p_{t-1}^{ex}}{S_{t-1} p_{t-1}^*}\right) + \varepsilon_t^{tot}, \quad (36)$$

где ρ^{tot} — авторегрессионный коэффициент в уравнении условий торговли, ε_t^{tot} — шок условий торговли.

Внешняя ставка процента

Зарубежная ставка доходности определяется в соответствии с работой [Schmitt-Grohé, Uribe, 2003]:

$$Rf_t = R_w - \aleph_f \left(\exp\left(\frac{S_t Bf_t - \overline{SBf}}{Y_t \overline{Y}}\right) - 1 \right), \quad (37)$$

где \overline{Bf} — номинальная стоимость облигаций внешнего рынка на руках у домохозяйств в иностранной валюте в устойчивом состоянии, R_w — мировая доходность, \aleph_f — эластичность страновой премии за риск.

Центральный банк

Центральный банк в модели придерживается правила таргетирования инфляции:

$$\begin{aligned} \ln(R_t \beta^p) &= \rho^R \ln(R_{t-1} \beta^p) + \\ &+ (1 - \rho^R) \left(\alpha_{cb} \ln\left(\frac{p_{c,t+1}}{p_{c,t}}\right) \right) + \varepsilon_t^{mp}, \end{aligned} \quad (38)$$

где ρ^R — вес прошлого значения ставки при формировании значения текущей, α_{cb} — коэффициент реакции ставки на колебания инфляции, ε_t^{mp} — монетарный шок.

Ставка по кредитам и депозитам (финансовый посредник)

С целью упрощения модели ставка заимствования для нетерпеливых домохозяйств задается через экзогенный спред⁸:

$$R_{c,t} = R_t + \aleph_c, \quad (39)$$

где \aleph_c — спред между ставкой по кредитам и депозитам в устойчивом состоянии. Величину $\aleph_c B^p$ можно трактовать как издержки,

⁸ На относительно спокойном периоде с конца 2015 по конец 2019 года спред между взвешенной ставкой по ипотеке и ставкой MIACR был фактически стационарным, на уровне 2–2,5%. Это обстоятельство свидетельствует о возможности использования этого подхода. В то же время значительные отклонения разницы ставок от условно стационарного уровня можно при необходимости смоделировать за счет экзогенного шока спреда ставок.

которые несет посредник (банк) при мониторинге, проверке нетерпеливых домохозяйств, берущих в долг у терпеливых.

Государственный бюджет

Баланс государственного бюджета описывается следующим уравнением:

$$\begin{aligned}
 pc_t G_t + R_{t-1} D_{t-1}^p + R_{c,t-1}^s B_{t-1}^n = & T_t + D_t^p + \Xi_w w_t^p L_t^p + \\
 & + \Xi_w w_t^n L_t^n + \Xi_w w_t^{nr} L_t^{nr} + \Xi_c pc_t c_t^p + \Xi_c pc_t c_t^n + \\
 & + \Xi_c pc_t c_t^{nr} + IT_t^{ex} u_t^{ex} k_t^{ex} + IT_t u_t^{dom} k_t^{dom} + \\
 & + IT_t u_t^{house} k_t^{house} + IT_t Profit_t^{dom} + \\
 & + IT_t Profit_t^{house} + IT_t Profit_t^{lm},
 \end{aligned} \quad (40)$$

где G — физические объемы государственных расходов, T — прочие совокупные паушальные налоги и трансферты, IT — налог на прибыль, IT^{ex} — налог на прибыль для экспортного сектора.

Предполагается, что государственные расходы в динамике пропорциональны совокупному выпуску в соотношении \bar{g} :

$$\frac{pc_t G_t}{Y_t} = \bar{g}. \quad (41)$$

Увеличение доли внутреннего госдолга относительно ВВП приводит к дополнительной налоговой нагрузке, распределяемой между домохозяйствами:

$$\frac{T_t}{Y_t} = \frac{\bar{T}}{\bar{Y}} + \psi_d \left(\frac{D^p(i)_t}{Y_t} \right), \quad (42)$$

$$\frac{T_t^p}{Y_t^p} = \frac{\bar{T}^p}{\bar{Y}^p} + \psi_T^p \left(\frac{T_t}{Y_t} - \frac{\bar{T}}{\bar{Y}} \right), \quad (43)$$

$$\frac{T_t^n}{Y_t^n} = \frac{\bar{T}^n}{\bar{Y}^n} + \psi_T^n \left(\frac{T_t}{Y_t} - \frac{\bar{T}}{\bar{Y}} \right), \quad (44)$$

$$\frac{T_t^{nr}}{Y_t^{nr}} = \frac{\bar{T}^{nr}}{\bar{Y}^{nr}} + (1 - \psi_T^p - \psi_T^n) \left(\frac{T_t}{Y_t} - \frac{\bar{T}}{\bar{Y}} \right), \quad (45)$$

где ψ_d — реакция доли паушальных налогов в ВВП при изменении соотношения долговых обязательств государства и выпуска, ψ_T^p и ψ_T^n — распределение налоговой нагрузки (в виде паушальных налогов) для терпеливых и нетерпеливых домохозяйств.

Равенство на рынке товаров и услуг

Товары и услуги на рынке композитного блага расходуются на покрытие потребления домохозяйств, инвестиций в основной капитал (без учета непосредственных инвестиций в жилье), госзакупок, промежуточных товаров, необходимых для строительства жилья, и издержек мониторинга, проверки заемщиков:

$$pc_t Y_t^c = pc_t C_t + pc_t (Inv_t^{ex} + Inv_t^{dom} + Inv_t^{house} + Inv_t^{fix}) + pc_t G_t + pc_t k_{b,t} + \aleph_c B_t^p, \quad (46)$$

где Y_t^c — выпуск композитного блага, pc — уровень цен композитного блага, C — совокупное потребление всех домохозяйств, Inv^{ex} — инвестиции в экспортный сектор, Inv^{dom} — инвестиции во внутренне ориентированный сектор, Inv^{house} — инвестиции в жилищный сектор, Inv^{fix} — немоделируемые (например, в импортном секторе, который не задается в форме производственной сферы) и статичные инвестиции, $\aleph_c B^p$ — издержки мониторинга должников, k_b — промежуточный продукт для производства жилья.

Условия равновесия

Ниже приведены условия равновесия в модели:

$$C_t = c_t^p + c_t^n + c_t^{nr}, \quad (47)$$

$$Inv_t = Inv_t^{ex} + Inv_t^{dom} + Inv_t^{house} + Inv_t^{fix} + \frac{q_t}{pc_t} H_t, \quad (48)$$

$$q_t H_t = q_t (h_t^p - (1 - \delta_h) h_{t-1}^p) + q_t (h_t^n - (1 - \delta_h) h_{t-1}^n) + q_t \delta_h h^{nr}, \quad (49)$$

$$\begin{aligned} Profit(i)_t^{dom} = & p^{dom}(i)_t Y^{dom}(i)_t - w^{nr}(i)_t L^{nr}(i)_t^{dom} - \\ & - w^n(i)_t L^n(i)_t^{dom} - w^p(i)_t L^p(i)_t^{dom} - u(i)_t^{dom} \times \\ & \times (cu(i)_t^{dom} k(i)_t^{dom}) - \frac{\psi_p^{dom}}{2} \left(\frac{p^{dom}(i)_t}{p^{dom}(i)_{t-1}} - 1 \right)^2 \times \\ & \times p_t^{dom} Y_t^{dom} - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^p(i)_t^{dom}}{L^p(i)_{t-1}^{dom}} - 1 \right)^2 w^p(i)_t L^p(i)_t^{dom} - \\ & - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^n(i)_t^{dom}}{L^n(i)_{t-1}^{dom}} - 1 \right)^2 w^n(i)_t L^n(i)_t^{dom} - \\ & - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^{nr}(i)_t^{dom}}{L^{nr}(i)_{t-1}^{dom}} - 1 \right)^2 w^{nr}(i)_t L^{nr}(i)_t^{dom}, \end{aligned} \quad (50)$$

$$\begin{aligned}
Profit(i)_t^{house} &= q(i)_t H(i)_t - w^{nr}(i)_t L^{nr}(i)_t^{house} - \\
&\quad - w^n(i)_t L^n(i)_t^{house} - w^p(i)_t L^p(i)_t^{house} - \\
&\quad - u(i)_t^{house} k(i)_t^{house} - R(i)_{land,t}^{house} land(i)_t^{house} - \\
&\quad - pc_t k(i)_{b,t} - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^p(i)_t^{house}}{L^p(i)_{t-1}^{house}} - 1 \right)^2 w^p(i)_t L^p(i)_t^{house} - \quad (51) \\
&\quad - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^n(i)_t^{house}}{L^n(i)_{t-1}^{house}} - 1 \right)^2 w^n(i)_t L^n(i)_t^{house} - \\
&\quad - \frac{\psi_L}{2} \left(\frac{L^{nr}(i)_t^{house}}{L^{nr}(i)_{t-1}^{house}} - 1 \right)^2 w^{nr}(i)_t L^{nr}(i)_t^{house},
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Profit(i)_t^{Im} &= p(i)_t^{Im} Im(i)_t - S_t p_t^* Im(i)_t - \\
&\quad - \frac{\psi_p^{Im}}{2} \left(\frac{p(i)_t^{Im}}{p(i)_{t-1}^{Im}} - 1 \right)^2 p_t^{Im} Im_t, \quad (52)
\end{aligned}$$

$$Y_t = p_t^{dom} Y_t^{dom} + p_t^{ex} Y_t^{ex} + q_t H_t, \quad (53)$$

$$Y_t^r = \overline{p^{dom}} Y_t^{dom} + \overline{p^{ex}} Y_t^{ex} + \overline{q} H_t, \quad (54)$$

где Y^r — реальный выпуск, $\overline{p^{dom}}$, $\overline{p^{ex}}$, \overline{q} — цены внутренне ориентированного, экспортного и жилищного секторов в устойчивом состоянии соответственно. Уравнения (47) и (48) описывают динамику агрегированного потребления и агрегированных инвестиций; уравнение (49) описывает равновесие на рынке жилой недвижимости; уравнения (50)–(52) представляют прибыль внутренне ориентированного, жилищного и импортного секторов; номинальный и реальный выпуски задаются через уравнения (53) и (54) соответственно.

3. Оценка и калибровка DSGE-моделей

Оценка и калибровка модели производится на основе баз данных Росстата, ЕМИСС, FRED, а также широкого набора эмпирических работ.

Калибровка параметров модели

Доля потребления в устойчивом состоянии калибруется на уровне $pcG/Y = 0,55$, инвестиций — $pc(Inv^{ex} + Inv^{dom} + Inv^{house} + Inv^{fix} + q/pcH)/Y = 0,2$, динамических инвестиций — $pc(Inv^{ex} + Inv^{dom} +$

+ $Inv^{house} + q/pcH)/Y = 0,17$, доля госрасходов на конечное потребление — $pcG/Y = 0,19$, жилищного сектора — $qH/Y = 0,02$, экспорта — на уровне $p^{ex}Y^{ex}/Y = 0,31$, импорта — на уровне $Sp^*Im/Y = 0,21$. Коэффициент дисконтирования для терпеливых домохозяйств калибруется на значении $\beta^p = 0,99$, а нетерпеливых — $\beta^n = 0,97$. Значение дисконта у нетерпеливых агентов принимается меньше, чтобы отразить их желание потреблять раньше по сравнению с терпеливыми домохозяйствами и обеспечить устойчивость решения [Iacoviello, 2005; Iacoviello, Neri, 2010]. Глобальная доходность предполагается равной примерно 4% в год — $R_w = 1,01$. Эластичность основного капитала в производственной функции для экспортного и внутренне ориентированного секторов задается на уровне $\alpha^{ex} = 0,35$ и $\alpha^{dom} = 0,35$ соответственно. В жилищном секторе $\alpha^{house} = 0,15$, $\gamma^{house} = 0,1$, $\omega^{house} = 0,1$ (что соответствует стандартным значениям в литературе, см., например, [Iacoviello, Neri, 2010]). Параметры A^l в производственных функциях устанавливаются на значениях, необходимом для выполнения $p^l = 1$ и $q = 1$. Величина, обратная эластичности предложения труда по заработной плате домохозяйства, для каждой группы $\vartheta_L^l = 6,67$ [Замниус, Полбин, 2021; Замниус и др., 2022; Полбин, Синельников-Мурылев, 2024]. Эластичность спроса на труд домохозяйств по зарплате и эластичность замещения между товарами фирм на промежуточных рынках для всех типов домохозяйств и секторов калибруются на уровне $\eta_Z^l = 6$, что соответствует наценке в 20%; $\Xi^p = 0,99$. Параметр $\tau = 0,6774$ калибруется таким образом, чтобы в устойчивом состоянии $B_f = 0$. Доля внутренне ориентированного блага в производстве композитных товаров и услуг $\chi = 0,7267$. Норма амортизации δ задается в размере 2,5%. Спред между ставкой процента и ставкой заимствования для нетерпеливых домохозяйств \aleph_c задается в 0,5%, что равносильно 2% годовых, $\psi_d = 0,3$. Ставка налога на заработную плату, скорректированная на страховые взносы, $\Xi_w = 0,33$, НДС на потребительские товары $\Xi_c = 0,2$, налог на прибыль $IT = 0,2$, а для экспортного сектора $IT^{ex} = 0,55$. Эластичность страновой премии за риск устанавливается на небольшом распространенном значении $\aleph_f = 0,01$. На таком же уровне устанавливается $\aleph_A = 0,01$. Коэффициент LTV калибруется на уровне $\bar{m} = 0,8$, что является наиболее общим промежуточным значением в литературе (см., например, [Вихарев и др., 2023; Iacoviello, Neri, 2010; Lee, Song, 2015]). Решение о выборе значения коэффициента лага долговых обязательств по ипотеке p_{lag}^B в уравнении (12) определялось следующим образом. МНК-оценка простого уравнения регрессии задолженности домохозяйств на ее лаг, константу, индекс цен на жилье (на первичном рынке), реальных инвестиций в жилье, средневзвешенной ставки по ипотеке и представляет оценку

авторегрессионного коэффициента $0,85^{9,10}$. При этом коэффициент перед индексом цен на жилую недвижимость составляет всего $0,11$, перед реальными инвестициями в жилье — $0,01$, перед ипотечной ставкой — минус $0,01$, а коэффициент детерминации равен $0,91$, что косвенно (поскольку к результатам оценки этого уравнения нужно относиться с большой осторожностью) может свидетельствовать в пользу спецификации залогового ограничения с достаточно высоким весом лага долга в российских реалиях¹¹. Оценки коэффициентов могут быть смещенными из-за большого количества потенциальных неучтенных факторов, влияющих на объем задолженности по ипотеке и коррелированных с объясняющими переменными. Поскольку используемый период достаточно непродолжительный, по этой причине на основе полученной оценки на российских данных и оценок, предложенных в литературе [Adolfson, 2017; Asimakopoulou, Asimakopoulou, 2019; Guerrieri, Iacoviello, 2017; Harding, Klein, 2022], было определено промежуточное значение $p_{lag}^B = 0,69$ [Harding, Klein, 2022].

Калибровка долей трудовых доходов разных групп домохозяйств является крайне важным этапом подготовки модели, поскольку именно за счет этих параметров будут распространяться многие вторичные эффекты в экономике [Eskelinen, 2021; Iacoviello, Neri, 2010]. В литературе также представлен альтернативный подход, при котором части трудовых доходов оцениваются, а не устанавливаются [Iacoviello, Neri, 2010]. Однако этот подход может определить такие значения параметров, которые лучше описывают используемые при оценке макроэкономические ряды, но не соответствуют фактическим данным. В настоящей работе доля дохода терпеливых домохозяйств калибруется на уровне $\alpha_L^p = 0,5$, нетерпеливых — $\alpha_L^n = 0,25$ и нерикарданских — $1 - \alpha_L^p - \alpha_L^n = 0,5$. Значения определялись в соответствии с данными Росстата и опросами РОМИР, встречающимися в [Вихарев и др., 2023; Eskelinen, 2021].

Доли потребления домохозяйств, жилья и распределения налоговой нагрузки также калибруются пропорциональными соответствующим долям трудового дохода: $\bar{c}^p/\bar{C} = \bar{h}^p/\bar{H} = \psi_T^p = \alpha_L^p =$

⁹ Все переменные, кроме ставки по ипотеке, были скорректированы на уровень цен потребительской корзины, сезонно сглажены с помощью процедуры X-12 ARIMA и взяты в логарифмах. Детрендированы с помощью одностороннего HP-фильтра были все переменные. Использовались данные за период с I квартала 2014 по IV квартал 2021 года для проведения оценки в период одно-родного режима ДКП.

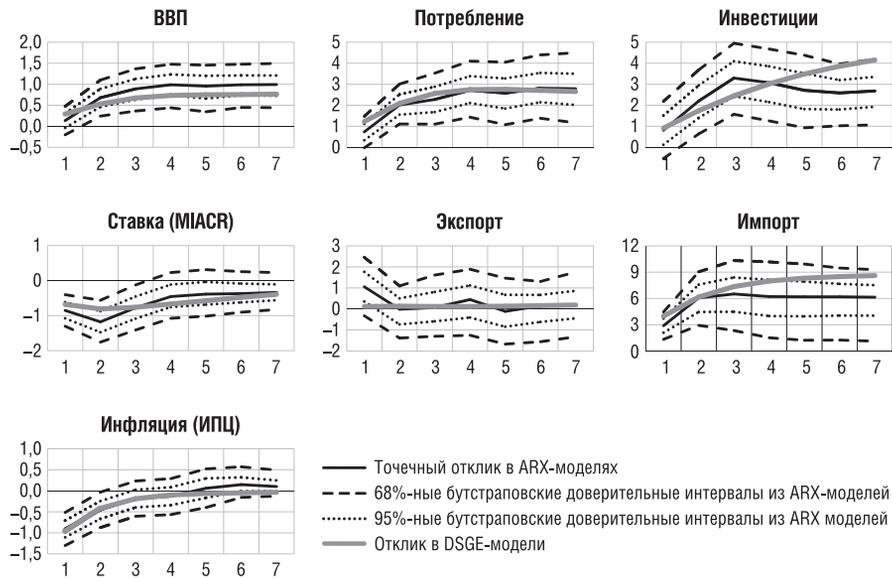
¹⁰ Близкая оценка авторегрессионного коэффициента перед лагом задолженности на основе эквивалентной регрессии была получена в работе [Guerrieri, Iacoviello, 2017].

¹¹ Наравне с упомянутым регрессионным уравнением (которое обладало наибольшей объяснительной силой) были также оценены альтернативные спецификации с разным набором переменных. В каждом из них значение коэффициента лага ипотечной жилищной задолженности находилось в диапазоне $0,85-0,97$, а коэффициент детерминации был в окрестности $0,9$.

$$= 0,25, \bar{c}^n/\bar{C} = \bar{h}^n/\bar{H} = \psi_T^n = \alpha_L^n = 0,25, \bar{c}^{nr}/\bar{C} = \bar{h}^{nr}/\bar{H} = (1 - \psi_T^p - \psi_T^n) = (1 - \alpha_L^p - \alpha_L^n) = 0,5.$$

Оценка параметров модели

Часть параметров, отвечающих за долгосрочное равновесие, оценивалась исходя из минимизации функции расстояния между теоретическими и эмпирическими откликами [Полбин, Синельников-Мурылев, 2024; Lomonosov, 2023]. Из-за ограниченных размеров статьи подробное описание процедуры опущено¹². Результаты оценки представлены на рис. 1 и в табл. 1.



Источник: расчеты автора.

Рис. 1. Импульсные отклики DSGE- и ARX-моделей на шок условий торговли (по оси абсцисс — кварталы, по оси ординат — процентное отклонение от устойчивого состояния)

Fig. 1. Impulse Responses of DSGE and ARX Models to a Shock Due to Terms of Trade by Calendar Quarters (x-axis) and Percent Deviation From a Steady State (y-axis)

DSGE-модель качественно воспроизводит отклики авторегрессионных моделей в ответ на шок условий торговли. Теоретические отклики очень близки к своим точечным аналогам, не выступают за границы 95-процентного доверительного интервала и практически не выходят за границы 68-процентного доверительного интервала.

¹² В исследовании используется аналогичный подход из работы [Полбин, Синельников-Мурылев, 2024], включая период оценивания AR(4) процессов и переменные, по которым производилась оценка. Подробные результаты с описанием могут быть предоставлены по запросу.

Т а б л и ц а 1

Оценки параметров, полученные на основе байесовского метода минимизации расстояния между теоретическими и эмпирическими откликами

Table 1

Parameter Estimates Based on the Bayesian IRF Matching Method

Параметр	Априорное распределение			Апостериорное распределение	
	распределение	среднее	стандартное отклонение	мода	стандартное отклонение
ξ^p	Бета	0,8	0,15	0,73	0,02
ξ^n	Бета	0,8	0,15	0,88	0,06
Ψ_w^{Calvo}	Бета	0,5	0,15	0,85	0,05
$\Psi_p^{dom, Calvo}$	Бета	0,5	0,15	0,63	0,08
$\Psi_p^{im, Calvo}$	Бета	0,5	0,15	0,49	0,04
ρ^R	Бета	0,75	0,15	0,74	0,04
α_{cb}	Нормальное	1,5	0,15	1,57	0,12
Ψ_{cu}	Нормальное	0,3	0,10	0,26	0,01
Ψ_{inv}	Нормальное	6,0	1,50	4,76	0,16
Ψ_L	Нормальное	6,0	1,50	5,84	0,69

Примечание. Параметры жесткости цен и заработных плат по Ротембергу при оценке переводятся в эквивалент вероятности оптимизации контрактов по Кальво [Ascari et al., 2011].

Источник: расчеты автора.

Полученные оценки параметров соответствуют теоретическим и эмпирическим представлениям и количественно не противоречивы. У нетерпеливых домохозяйств привычки в потреблении оцениваются на более высоком уровне, чем у терпеливых. Аналогичный результат был получен в работе [Iacoviello, Neri, 2010] и объяснялся тем, что нетерпеливые домохозяйства в гораздо меньшей степени могут сглаживать свое потребление. Из номинальных жесткостей наименее гибкими являются заработные платы, которые в среднем корректируются примерно раз в три с половиной квартала. В то же время цены в импортном и во внутренне ориентированном секторах изменяются в примерно раз в два квартала.

Как правило, стандартные отклонения шоков, а также автокорреляционные коэффициенты, отвечающие за продолжительность их влияния, оценивают либо на основе данных, либо с другими параметрами в модели. Однако из-за отсутствия значительной части данных по рынку жилья (например, квартальные номинальные инвестиции в жилье в базе Росстата и ЕМИСС доступны только с 2013 года, также не удалось обнаружить релевантных данных по LTV-коэффициенту) было принято следующее решение: авторегрессионные коэффициенты в уравнениях (2) и (25) устанавливаются на уровне 0,95, а стандартные отклонения шоков — на уровне 0,0413 и 0,0193 соответственно, что эквивалентно значениям, встречающимся в публикациях (см., например, [Iacoviello, Neri, 2010]).

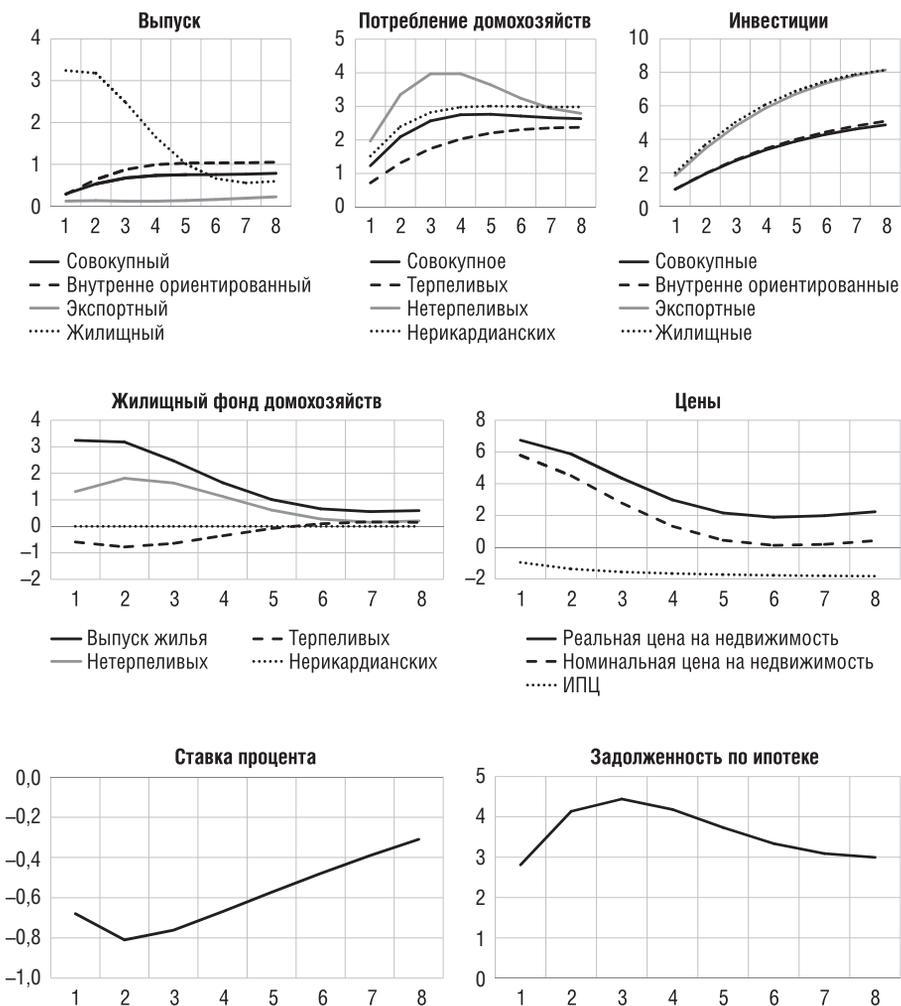
Изменения в соотношении кредита и залоговой стоимости предполагаются устойчивыми, имеющими характер, близкий к перманентному. По этой причине коэффициент автокорреляции в уравнении (13) принимается на уровне 0,999¹³. Перманентным предполагается и шок условий торговли ($\rho^{tot} = 0,999$).

4. Импульсные отклики DSGE-модели

Перманентное улучшение условий торговли приводит к дополнительному притоку валютной выручки в экономику (рис. 2). Предложение валюты растет, в результате чего курс укрепляется. С одной стороны, это способствует росту импорта, который становится относительно доступнее, с другой — эффект от изменения курса оказывается недостаточным, чтобы нивелировать трансферт дохода в российскую экономику. Два этих фактора приводят к росту спроса домохозяйств на жилье, потребительские товары и услуги, а следовательно, и к росту выпуска и цен в соответствующих секторах. Производство жилья в момент возникновения шока растет на 3,18%, а номинальные цены на недвижимость — на 5,79%. Основными покупателями жилья в краткосрочном периоде выступают нетерпеливые домохозяйства, которые ко второму кварталу увеличивают объем своего жилого фонда на 1,81%, а объем ипотечных займов к третьему кварталу — на 4,44%¹⁴. Терпеливые домохозяйства, напротив, первоначально распродают жилье (ко второму кварталу их жилой фонд снижается на 0,78%), поскольку направляют ресурсы на инвестиции в основной производственный капитал, кредитование домохозяйств-заемщиков с целью получения процентных платежей в будущем и свое потребление. Выбор в пользу потребления терпеливые домохозяйства делают, в частности, за счет его большей доступности. Рост цен во внутренне ориентированном секторе не превышает эффекта падения импортных цен, в результате чего потребительская инфляция снижается в момент воздействия шока на 1%. Другие домохозяйства также наращивают свое потребление, в результате чего совокупное потребление вырастает на 2,63% через два года. Вследствие падения потребительских цен Центральный банк снижает ставку процента для стабилизации инфляции на 0,81 п.п.

¹³ Поскольку система уравнений в DSGE-модели должна быть стационарной, процесс случайного блуждания трансформируется в авторегрессионный, но очень близкий к мартингалу.

¹⁴ Под объемами ипотечной задолженности будет пониматься реальная ипотечная задолженность (номинальные показатели, скорректированные на уровень потребительских цен). Под производственными инвестициями в основной капитал подразумевается та часть капитала, которая непосредственно участвует в производстве. Жилье тоже является частью компонента инвестиций. Но поскольку в модели инвестиции в жилье равны произведенному жилью, они будут называться выпуском сектора жилой недвижимости для предотвращения путанности.



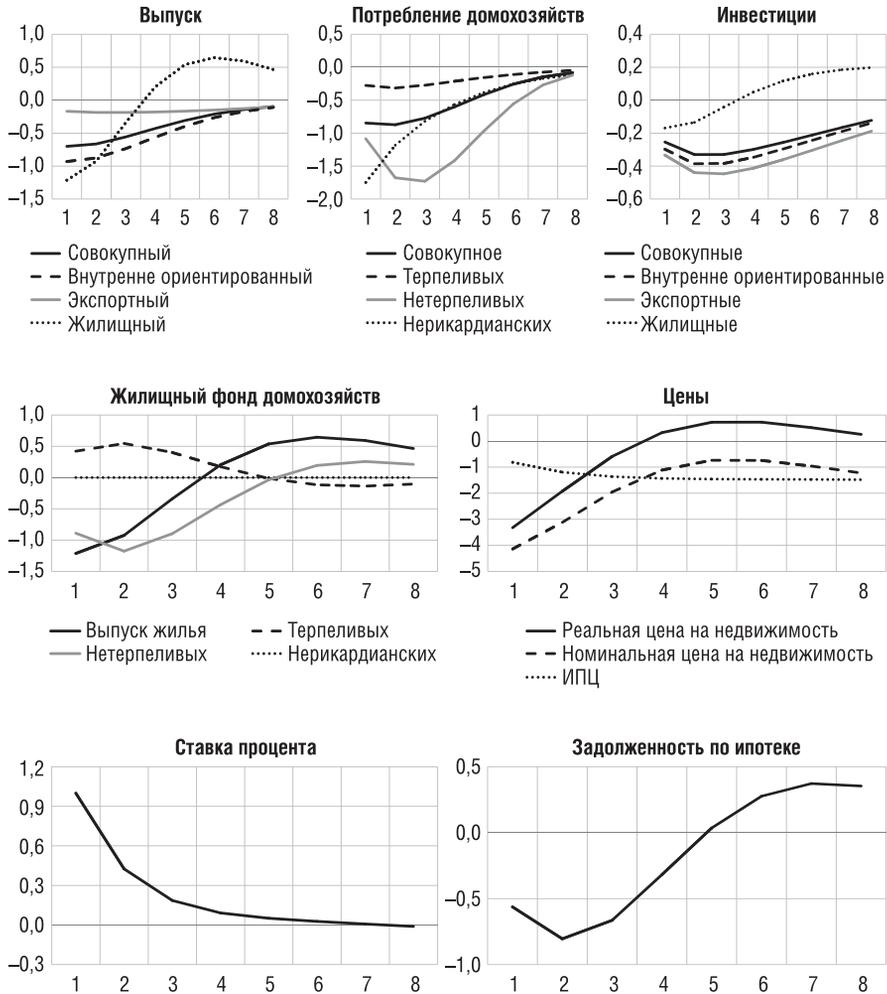
Источник: расчеты автора.

Рис. 2. Шок условий торговли (улучшение условий торговли на 8,16%) (по оси абсцисс — кварталы, по оси ординат — процентное отклонение от устойчивого состояния)

Fig. 2. Shock Due to Terms of Trade (8.16% Increase) by Calendar Quarters (x-axis) and Percent Deviation From a Steady State (y-axis)

При шоке денежно-кредитной политики происходит охлаждение деловой активности, что приводит к падению производства, а также снижению ВВП и выпуска в жилищном секторе на 0,7 и 1,21% соответственно (рис. 3). Из-за роста стоимости капитала агрегированные инвестиции в производство к третьему кварталу падают на 0,33%, а жилищные производственные инвестиции в первом квартале — на 0,17%. Монетарный шок оказывает неравномерный эффект на потребление различных групп домо-

хозяйств. Наибольшее моментное падение в 1,75% происходит у нерикардрианских домохозяйств за счет отсутствия возможности сглаживать свое потребление. Однако уже начиная со второго квартала потребление нетерпеливых домохозяйств снижается относительно сильнее, в точке максимума достигая падения на 1,73%, в то время как у нерикардрианских происходит постепенное восстановление. Связано это, в частности, с возросшей «стоимостью» их долга, который снижается за счет падения совокупного спроса на недвижимость. Его восстановление происходит лишь



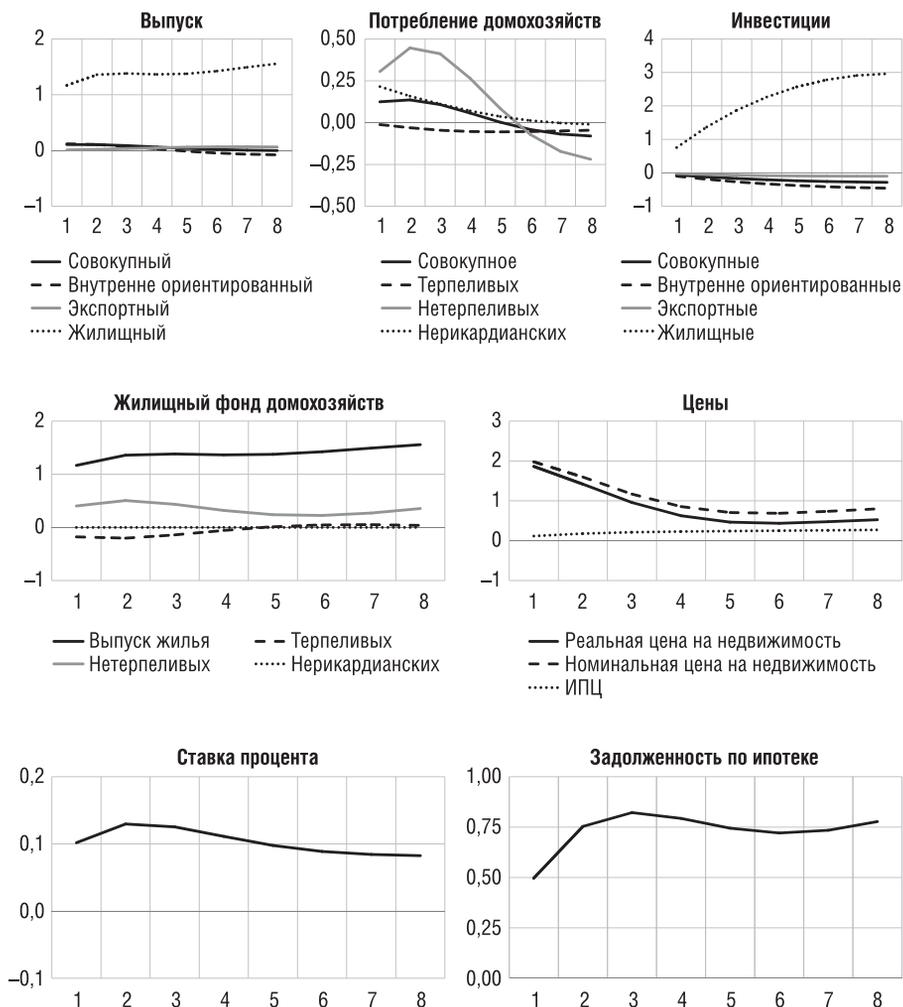
Источник: расчеты автора.

Рис. 3. Шок денежно-кредитной политики (повышение ставки процента на 1 п.п.)
(по оси абсцисс — кварталы, по оси ординат — процентное отклонение от устойчивого состояния)

Fig. 3. Monetary Policy Shock (1% Increase in Interest Rates) by Calendar Quarters (x-axis) and Percent Deviation From a Steady State (y-axis)

через пять кварталов, вместе с падением ставки и оживлением сектора жилой недвижимости. В то же время потребление терпеливых домохозяйств снижается слабее по сравнению с другими группами. В отличие от нетерпеливых они покупают жилую недвижимость по низким ценам с целью ее дальнейшей реализации по более высоким ценам. По оценкам модели, за счет роста ставки на 1% годовых Центральному банку удастся снизить потребительскую инфляцию на 0,82% и номинальные цены на недвижимость — на 4,14%.

Шок предпочтения жилья приводит к росту субъективной полезности от владения жильем у домохозяйств, что, в свою очередь, вызывает рост совокупного спроса на него (рис. 4). Рост спроса стимулирует производство жилья и цены на него. В момент воздействия шока номинальные цены на жилую недвижимость растут на 2%, а через два года жилищное строительство увеличивается на 1,56% по сравнению с устойчивым состоянием. Нетерпеливые домохозяйства наращивают объем жилого фонда и ипотечные займы, которые максимально увеличиваются на 0,51 и 0,82% соответственно. Терпеливые домохозяйства, несмотря на возросшую субъективную полезность жилья, первоначально реализуют часть своей жилплощади из-за возросших цен на недвижимость и будущего процентного дохода от ипотечной задолженности домохозяйств-заемщиков. Однако уже после пятого квартала вследствие падения цен на жилую собственность, объемов жилищной ипотеки и замедления роста жилищного сектора они начинают аккумулировать жилье. Схожая динамика наблюдается и в случае потребления. Первоначально нетерпеливые домохозяйства за счет увеличения ипотечной задолженности наращивают потребление, но уже после пятого квартала оно начинает стремительно падать, снижаясь к восьмому кварталу на 0,22% от долгосрочного равновесия. Терпеливые домохозяйства, напротив, сначала жертвуют своим потреблением с целью финансирования производственных инвестиций в основной капитал для производства жилья и ипотеки нетерпеливых домохозяйств. Несмотря на рост цен на жилье и незначительное увеличение цен на потребительские товары и услуги, увеличение трудовых доходов за счет активности в производственных секторах приводит к возможности нерикарданских домохозяйств нарастить потребление. Но уже после седьмого квартала этот эффект исчезает, что приводит к падению их потребления. Как и в случае потребления, на агрегированные показатели выпуска и инвестиций шок оказывает не слишком ощутимый эффект (в частности, за счет перетока ресурсов), что также связано с небольшой долей сектора жилой недвижимости в российской экономике. Также рост производ-



Источник: расчеты автора.

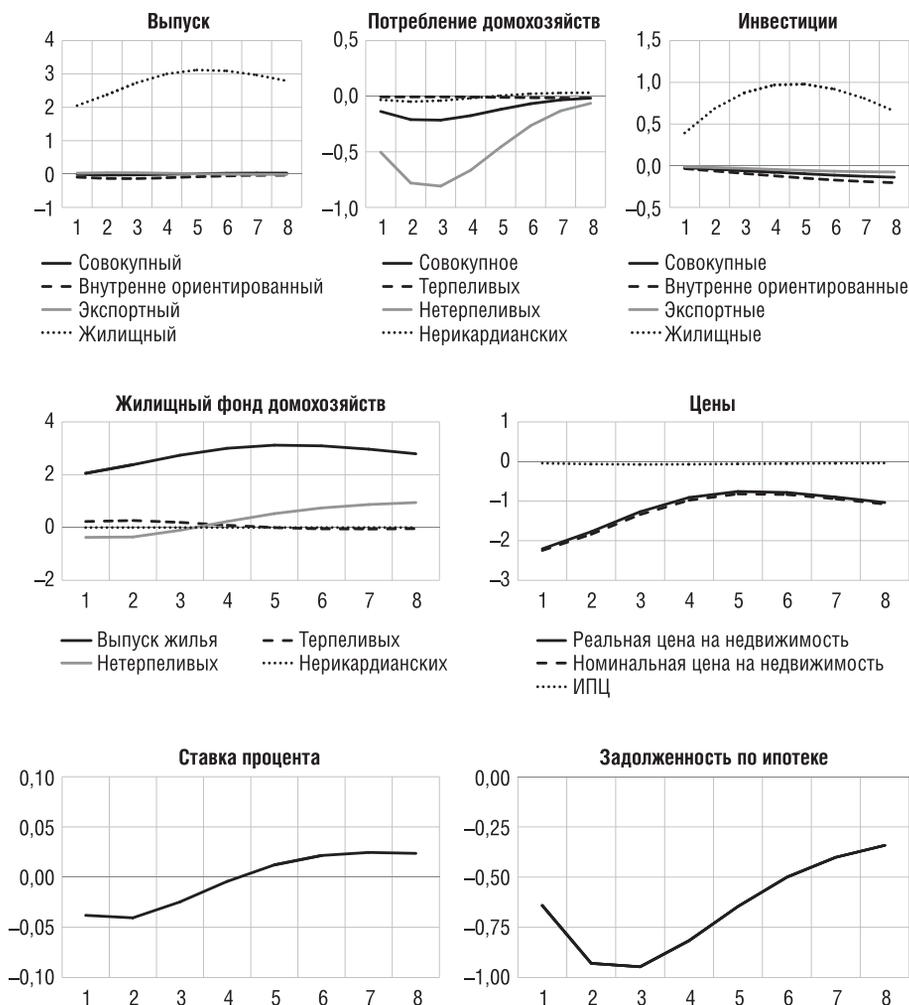
Рис. 4. Шок предпочтения жилья (по оси абсцисс — кварталы, по оси ординат — процентное отклонение от устойчивого состояния)

Fig. 4. Housing Preference Shock by Calendar Quarters (x-axis) and Percent Deviation From a Steady State (y-axis)

ственных инвестиций для строительства жилья не перекрывает падения инвестиций в других секторах, в результате это приводит к устойчивому снижению агрегированных инвестиций на 0,28%. Влияния на ставку процента и инфляцию этот шок практически не оказывает.

При технологическом шоке в секторе жилой недвижимости фирмы при тех же объемах факторов производства могут произвести больше жилья, что приводит к росту предложения и соответствующему снижению цен на 3,12 и 2,25% в пиковых значениях

(рис. 5). Несмотря на это, до четвертого квартала объем жилого фонда домохозяйств-«ипотечников» находится ниже своего устойчивого состояния. Связано это с двумя обстоятельствами. Во-первых, поскольку стоимость жилья падает при относительно неизменных ценах на другие товары и услуги, снижается возможность нетерпеливых домохозяйств сглаживать свое текущее потребление. Во-вторых, терпеливые домохозяйства с целью увеличения своего благосостояния в большем объеме аккумулируют жилье из-за низких цен и, следовательно, с учетом почти неизмен-



Источник: расчеты автора.

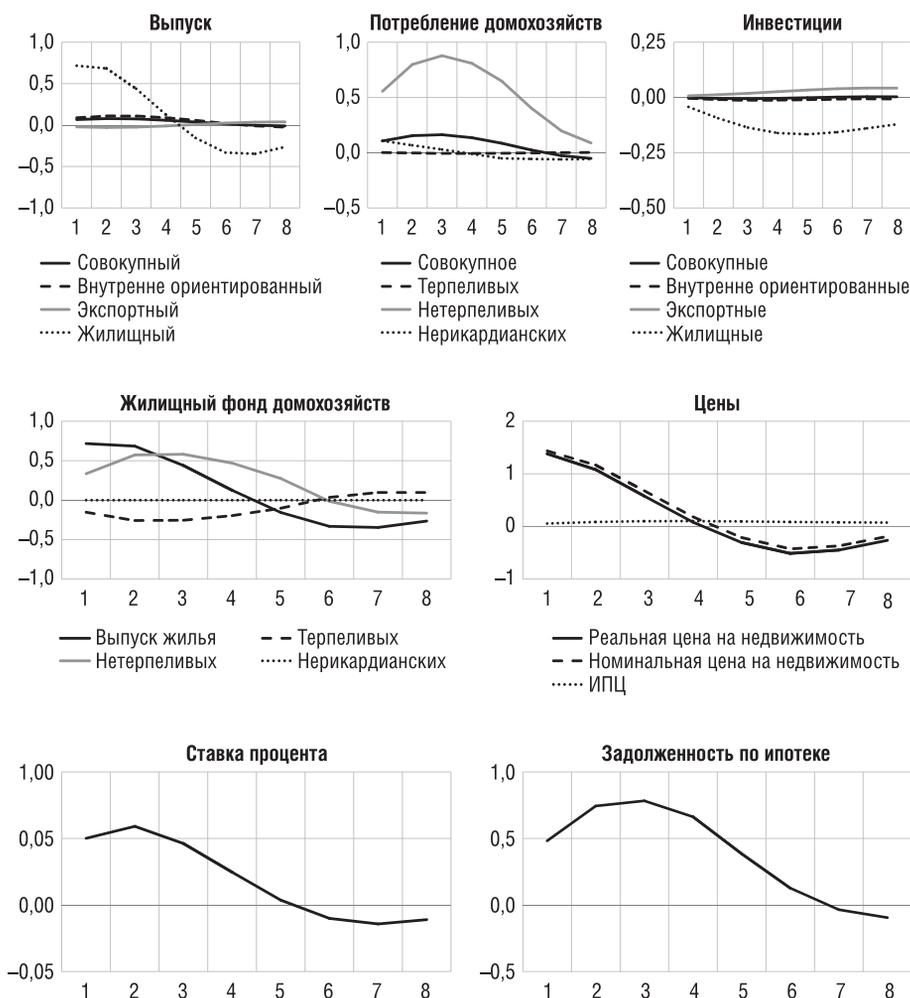
Рис. 5. Технологический шок на рынке жилья (по оси абсцисс — кварталы, по оси ординат — процентное отклонение от устойчивого состояния)

Fig. 5. Technological Shock in the Housing Market by Calendar Quarters (x-axis) and Percent Deviation From a Steady State (y-axis)

ной ставки готовы одалживать меньшую сумму домохозяйствам-«заемщикам» (направлять меньшую сумму на депозиты). В совокупности эти обстоятельства приводят к снижению не только ипотечных займов, но и потребления заемщиков, которое через три квартала достигает падения, на 0,95 и 0,81% соответственно. Потребление терпеливых домохозяйств также снижается, чтобы освободившиеся средства направить на приобретение жилья и инвестиций в основной капитал для строительства жилой недвижимости, эти освободившиеся средства через пять кварталов увеличиваются на 0,98% по сравнению с устойчивым состоянием. Но они так же, как и в случае предыдущего шока, не компенсируют падение инвестиций в других секторах. Положение нерикардрианских домохозяйств с точки зрения потребления также ухудшается за счет уменьшения доходов из других секторов, которое не перекрывается снижением жилищных цен и незначительным падением потребительских цен. Влияние шока на агрегированные показатели выпуска, ставки процента и инфляцию, как и в случае шока предпочтения жилья, несущественно.

Введение государственной субсидии, покрывающей 1% выплат по ипотеке (снижение ипотечной ставки на 1 п.п.) на один год, активизирует спрос на жилье со стороны нетерпеливых домохозяйств, которые уже через три квартала наращивают объемы недвижимости на 0,58% (рис. 6). Рост спроса стимулирует номинальные цены на жилье и объемы ипотеки, которые максимально увеличиваются на 1,44 и 0,78% соответственно. Рост цен и ипотечных жилищных кредитов приводит к снижению спроса на недвижимость со стороны терпеливых домохозяйств. Однако этот эффект оказывается слабее, чем у нетерпеливых домохозяйств, в результате чего выпуск жилья больше, чем в устойчивом состоянии, до пятого квартала. Совокупное потребление до третьего квартала со стороны терпеливых домохозяйств растет на 0,16%, а нетерпеливых — на 0,64%. У нерикардрианских домохозяйств после роста потребления в момент шока на 0,11% происходит постепенное его снижение.

Повышение значения LTV расширяет возможности нетерпеливых домохозяйств по сглаживанию своего потребления за счет ипотечных займов (рис. 7). Вследствие этого они наращивают свои долговые обязательства, которые к концу второго года увеличиваются на 1,06%. Рост средств на руках стимулирует спрос не только на недвижимость, но и на потребительские товары и услуги, за счет чего происходит оживление как в секторе жилой недвижимости, так и во внутренне ориентированном секторе. Повышение номинальных жилищных цен в момент воздействия шока составляет 1,52%, а рост выпуска жилья — 0,62%. Терпеливые домохо-

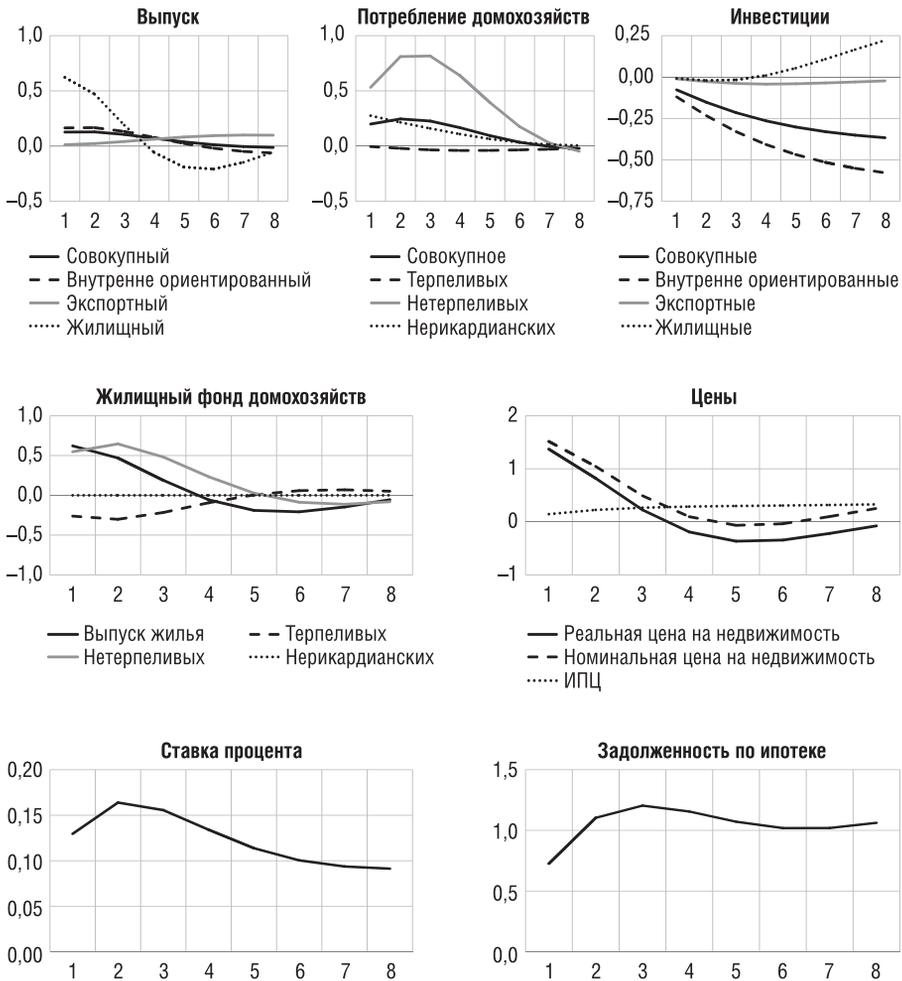


Источник: расчеты автора.

Рис. 6. Шок государственной субсидии ипотеки (повышение ставки субсидии на 1 п.п. на один год) (по оси абсцисс — кварталы, по оси ординат — процентное отклонение от устойчивого состояния)

Fig. 6. Government Mortgage Subsidy Shock (1% Increase in Subsidy Rate for One Year) by Calendar Quarters (x-axis) and Percent Deviation From a Steady State (y-axis)

зайства в противоположность нетерпеливым отказываются от части потребления, продают часть недвижимости, а также снижают инвестиции в экспортный и внутренне ориентированный сектора с целью покрытия спроса на ипотеку домохозяйств-«заемщиков» из-за ее возросшей относительной отдачи. Если во втором квартале объем жилого фонда нетерпеливых домохозяйств растет на 0,65%, а объем потребления — на 0,81%, то у терпеливых — падает на 0,3 и 0,03% соответственно. При этом инвестиции в капитал для производства жилья растут в пике на 0,22%. Потребление не-



Источник: расчеты автора.

Рис. 7. Шок финансовой либерализации (повышение LTV на 1 п.п.)
(по оси абсцисс — кварталы, по оси ординат — процентное отклонение от устойчивого состояния)

Fig. 7. Shock From Financial Liberalization (1% Increase in LTV)
by Calendar Quarters (x-axis) and Percent Deviation From a Steady State (y-axis)

рикардианских домохозяйств растет на 0,28% в первом квартале, после чего постепенно снижается.

Как было показано, шоки в секторе жилой недвижимости не оказывают существенного воздействия на другие сектора экономики. Этот результат соотносится с зарубежными исследованиями. Однако в российской экспертной среде зачастую отмечалось, что сектор недвижимости (строительный) «вытягивает» другие сектора экономики [Кувалин, 2021; Овсянникова и др., 2017; Широков и др., 2011]. Подобным утверждениям могут быть два объяс-

нения. Первое заключается в том, что в экспертной среде этот эффект может быть преувеличен, так как он опирается на горизонтальную кривую предложения и любой шок спроса будет приводить к пропорциональному росту выпуска. Для примера можно рассмотреть производство металла. Металлургические компании могут продавать произведенную продукцию как внутри страны, так и за рубежом, если отсутствуют ограничения. Соответственно, рост спроса в строительном секторе приведет к снижению экспорта металла и увеличению его реализации внутри страны за счет перераспределения. В этой связи утверждение о небольшом эффекте на экономику шоков строительной отрасли представляется оправданным. В то же время в модели могут быть упущены важные механизмы, в связи с чем пока не удалось выявить существенной реакции других секторов на шоки рынка жилой недвижимости¹⁵. Соответственно, этому направлению целесообразно посвятить дальнейшие исследования.

5. Роль функциональной формы полезности домохозяйств. Проверка на робастность

В основной спецификации модели использовалась логарифмическая функция полезности для потребления и владения жильем у домохозяйств. Данное представление является предельным частным случаем функции с постоянной относительной несклонностью к риску (CRRA) при коэффициенте $\sigma = 1$:

$$U(X) = \begin{cases} \frac{X^{1-\sigma}-1}{1-\sigma}, \sigma \geq 0, \sigma \neq 1 \\ \lim_{\sigma \rightarrow 1} \left[\frac{X^{1-\sigma}-1}{1-\sigma} \right] = \ln(X), \sigma = 1 \end{cases}. \quad (55)$$

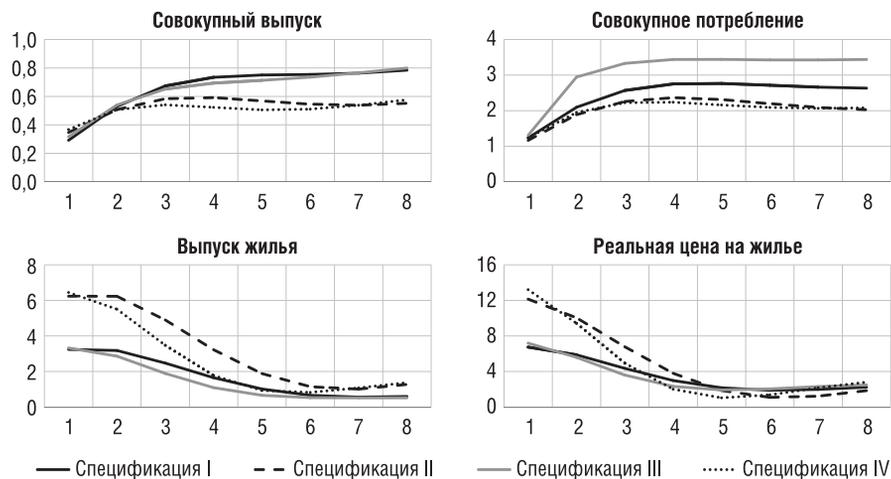
Возникает вопрос: насколько выбор функции полезности влияет на импульсные отклики в модели? Для ответа на него будут сопоставлены импульсные реакции макропеременных на шок условий торговли (глобальный шок) и шок предпочтения жилья (специфический для рынка жилья) четырех спецификаций: спецификация I — оригинальная модель; спецификация II — функция CRRA для компонента потребления и логарифмическая функция для компонента владения жильем; спецификация III — логарифмическая функция для компонента потребления и функция CRRA

¹⁵ В качестве примера можно привести дискуссию о неокейнсианской DSGE-модели. Первые прототипы DSGE-моделей только с жесткими ценами не могли воспроизвести сильное влияние шоков ДКП на динамику выпуска, но за счет ввода номинальных и реальных жесткостей со временем этого удалось добиться. Возможно, в представленной работе отсутствуют важные механизмы, при добавлении которых ощутимое влияние сектора жилой недвижимости на экономику будет возможно воспроизвести.

для компонента владения жильем; спецификация IV — функция CRRA для компонента потребления и компонента владения жильем. Параметр σ в функции CRRA принимается со значением 2 — общепринятым в литературе. Изменения функциональной формы и значения параметров принимаются для всех групп домохозяйств. Результаты представлены на рис. 8 и 9.

Исходя из этих результатов, выбор функции полезности оказывает непосредственное влияние на макропеременные, особенно при наиболее общих, агрегированных шоках. При шоке условий торговли спецификации II и IV демонстрируют снижение отклика совокупного выпуска на 0,2 п.п., а потребления — на 0,55 п.п. При этом спецификация III, напротив, обеспечивает более сильную реакцию потребления, которая на горизонте двух лет изменяется на 0,8 п.п. Отклик производства жилья и реальных жилищных цен в момент возникновения шока условий торговли в случае спецификаций II и IV увеличивается примерно на 2,2 и 5,5 п.п. соответственно.

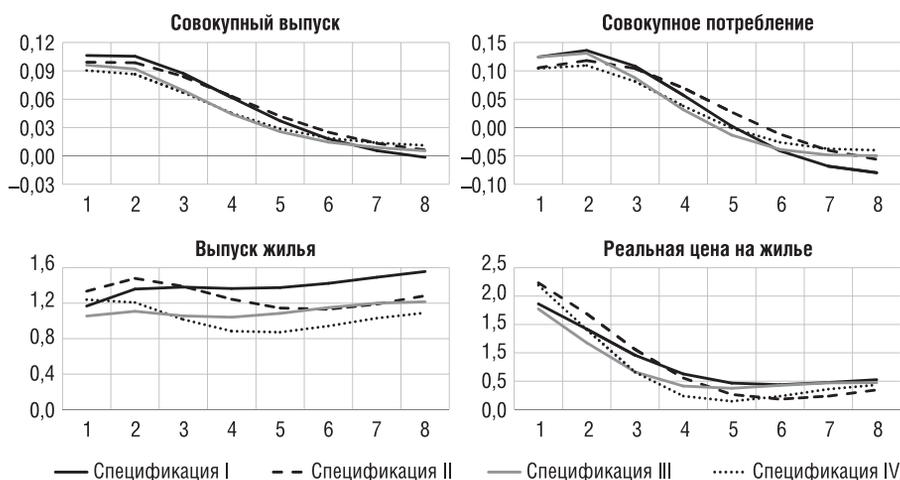
Шок предпочтения жилья также оказывает неэквивалентный эффект на показатели рынка недвижимости в разных спецификациях. Реальные цены на жилье в спецификациях с функциональной формой CRRA для потребления реагируют сильнее, чем в спецификациях с логарифмической функцией (на 0,25 п.п.). Выпуск жилья в спецификациях II, III и IV спустя восемь кварталов после шока затухает быстрее примерно на 0,24 п.п. Одновременно



Источник: расчеты автора.

Рис. 8. Шок условий торговли (по оси абсцисс — кварталы, по оси ординат — процентное отклонение от устойчивого состояния)

Fig. 8. Shock Due to Terms of Trade by Calendar Quarters (x-axis) and Percent Deviation From a Steady State (y-axis)



Источник: расчеты автора.

Рис. 9. Шок предпочтения жилья (по оси абсцисс — кварталы, по оси ординат — процентное отклонение от устойчивого состояния)

Fig. 9. Housing Preference Shock by Calendar Quarters (x-axis) and Percent Deviation From a Steady State (y-axis)

с этим отклики совокупного потребления и выпуска на шок предпочтения жилья достаточно робастны между спецификациями.

Заключение

В представленном исследовании предложена DSGE-модель российской экономики с эндогенным рынком жилой недвижимости и тремя гетерогенными группами домохозяйств. Модель откалибрована на основе российской статистики и оценена на периоде с I квартала 2010 по IV квартал 2019 года с помощью байесовского метода минимизации расстояния между теоретическими и эмпирическими импульсными откликами по шоку условий торговли. DSGE-модель качественно воспроизводит импульсные реакции отечественного ВВП, потребления, инвестиций, экспорта, импорта, ставки MIACR и потребительской инфляции на шок условий торговли, полученные на основе ARX(4)-моделей. В работе также представлена количественная оценка импульсных откликов, полученных на основе DSGE-модели, российских макропеременных в ответ на шоки рынка жилья (шок предпочтения недвижимости, технологический шок производства жилья), изменений в монетарной политике (шок ставки процента, шок субсидирования ипотеки, шок финансовой либерализации) и условий торговли, а также проинтерпретированы каналы их влияния. Введенная в модель гетерогенность домохозяйств позволяет определить сте-

пень различия воздействия шоков на потребление и объемы жилья, находящегося во владении у выделенных групп.

Построенная DSGE-модель может стать основой для сценарного прогнозирования макропеременных рынка жилья и связанного с ним ипотечного кредитования, тестирования различных изменений в монетарной политике на сектор жилья, а также оценки их последствий для различных групп домохозяйств.

Литература

1. Замниус А. В., Полбин А. В. Оценка межвременной эластичности замещения предложения труда для замужних женщин в России // Прикладная эконометрика. 2021. Т. 64. № 4. С. 23–48. DOI: 10.22394/1993-7601-2021-64-23-48.
2. Замниус А. В., Полбин А. В., Синельников-Мурылев С. Г. Эластичность предложения труда по заработной плате у женатых мужчин в России // Экономический журнал ВШЭ. 2022. Т. 26. № 2. С. 177–212. DOI: 10.17323/1813-8691-2022-26-2-177-212.
3. Кувалин Д. Б. Почему необходимо поддерживать жилищное строительство // Жилищные стратегии. 2021. Т. 8. № 1. С. 7–9. DOI: 10.18334/zhs.8.1.112447.
4. Овсянникова Т. Ю., Рабцевич О. В., Югова И. В. Оценка мультипликативного влияния жилищных инвестиций на динамику городского развития // Жилищные стратегии. 2017. Т. 4. № 3. С. 175–192. DOI: 10.18334/zhs.4.3.38584.
5. Полбин А. В., Синельников-Мурылев С. Г. Построение и калибровка DSGE-модели для российской экономики с использованием импульсных откликов векторной авторегрессии // Прикладная эконометрика. 2024. Т. 73. С. 5–34. DOI:10.22394/1993-7601-2024-73-5-34.
6. Рощина Я., Илюнькина Н. Анализ влияния мер государственной поддержки ипотечного кредитования на доступность жилья в России: региональный разрез // Деньги и кредит. 2021. Т. 80. № 4. С. 98–123. DOI:10.31477/rjmf.202104.98.
7. Широ А. А., Янтовский А. А. Оценка мультипликативных эффектов в экономике. Возможности и ограничения // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2011. № 2(440). С. 40–58.
8. Шульгин А. Байесовская оценка DSGE-модели с двумя правилами монетарной политики для России. Препринт WP12/2014/01. М.: Изд. дом ВШЭ, 2014.
9. Шульгин А. Сколько правил монетарной политики необходимо при оценке DSGE-модели для России? // Прикладная эконометрика. 2014. № 4. С. 3–31.
10. Adolfsen J. F. Fiscal Tools at the Zero Lower Bound. Copenhagen: Danmarks National Bank, 2017.
11. Aoki K., Prouidman J., Vlieghe G. House Prices, Consumption, and Monetary Policy: A Financial Accelerator Approach // Journal of Financial Intermediation. 2004. Vol. 13. No 4. P. 414–435. DOI: 10.1016/j.jfi.2004.06.003.
12. Ascari G., Castelnuovo E., Rossi L. Calvo vs. Rotemberg in a Trend Inflation World: An Empirical Investigation // Journal of Economic Dynamics and Control. 2011. Vol. 35. No 11. P. 1852–1867. DOI: 10.1016/j.jedc.2011.06.002.
13. Asimakopoulou P., Asimakopoulou S. Fiscal Policy With Banks and Financial Frictions // Journal of Financial Stability. 2019. Vol. 40. P. 94–109. DOI: 10.1016/j.jfs.2017.10.010.
14. Barsky R. B., House C. L., Kimball M. S. Sticky-Price Models and Durable Goods // American Economic Review. 2007. Vol. 97. No 3. P. 984–998. DOI: 10.1257/aer.97.3.984.
15. Davis M. A., Heathcote J. Housing and the Business Cycle // International Economic Review. 2005. Vol. 46. No 3. P. 751–784. DOI: 10.1111/j.1468-2354.2005.00345.x.
16. Diaz-Gimenez J., Prescott C. E., Fitzgerald T., Alvarez F. Banking in Computable General Equilibrium Economies // Journal of Economic Dynamics and Control. 1992. Vol. 16. No 3–4. P. 533–559. DOI: 10.1016/0165-1889(92)90048-J.

17. *Eskelinen M.* Monetary Policy, Agent Heterogeneity and Inequality: Insights From a Three-Agent New Keynesian Model. ECB. Working Paper Series No 2590. 2021. DOI: 10.2866/283105.
18. *Fisher I.* The Debt-Deflation Theory of Great Depressions // *Econometrica*. 1933. P. 337–357. DOI: 0012-9682(193310)1:4<337:TDTODG>2.0.CO;2-6.
19. *Guerrieri L., Iacoviello M.* Collateral Constraints and Macroeconomic Asymmetries // *Journal of Monetary Economics*. 2017. Vol. 90. P. 28–49. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2017.06.004.
20. *Harding M., Klein M.* Monetary Policy and Household Net Worth // *Review of Economic Dynamics*. 2022. Vol. 44. P. 125–151. DOI: 10.1016/j.red.2021.02.013.
21. *Hinterschweiger M., Khairnar K., Ozden T., Stratton T.* Macroprudential Policy Interactions in a Sectoral DSGE Model With Staggered Interest Rates. Bank of England. Staff Working Paper No 904. 2021. DOI: 10.2139/ssrn.3778185.
22. *Iacoviello M.* House Prices, Borrowing Constraints and Monetary Policy in the Business Cycle. Cambridge: NBER, 2001. <https://users.nber.org/~confer/2001/urcf01/iacoviello.pdf>.
23. *Iacoviello M.* House Prices, Borrowing Constraints, and Monetary Policy in the Business Cycle // *American Economic Review*. 2005. Vol. 95. No 3. P. 739–764. DOI: 10.1257/0002828054201477.
24. *Iacoviello M., Neri S.* Housing Market Spillovers: Evidence From an Estimated DSGE Model // *American Economic Journal: Macroeconomics*. 2010. Vol. 2. No 2. P. 125–164. DOI: 10.1257/mac.2.2.125.
25. *Lee J., Song J.* Housing and Business Cycles in Korea: A Multi-Sector Bayesian DSGE Approach // *Economic Modelling*. 2015. Vol. 45. P. 99–108. DOI: 10.1016/j.econmod.2014.11.009.
26. *Leung C.* Macroeconomics and Housing: A Review of the Literature // *Journal of Housing Economics*. 2004. Vol. 13. No 4. P. 249–267. DOI:10.1016/j.jhe.2004.09.002.
27. *Lomonosov D. A.* Shocks of Business Activity and Specific Shocks to Oil Market in DSGE Model of Russian Economy and Their Influence Under Different Monetary Policy Regimes // *Russian Journal of Money and Finance*. 2023. Vol.82. No 4. P. 44–79.
28. *Mora-Sanguinetti J. S., Rubio M.* Recent Reforms in Spanish Housing Markets: An Evaluation Using a DSGE Model // *Economic Modelling*. 2014. Vol. 44. P. 42–49. DOI: 10.1016/j.econmod.2014.04.028.
29. *Nookhwun N., Tsomocos D.* Mortgage Default, Financial Disintermediation and Macroprudential Policies. PIER Research Workshop. 2017.
30. *Schmitt-Grohé S., Uribe M.* Closing Small Open Economy Models // *Journal of International Economics*. 2003. Vol. 61 No 1. P. 163–185. DOI: 10.1016/S0022-1996(02)00056-9.
31. *Stähler N., Thomas C.* FiMod – A DSGE Model for Fiscal Policy Simulations // *Economic Modelling*. 2012. Vol. 29. No 2. P. 239–261. DOI: 10.1016/j.econmod.2011.10.001.
32. *Zubairy S.* On Fiscal Multipliers: Estimates From a Medium Scale DSGE Model // *International Economic Review*. 2014. Vol. 55. No 1. P. 169–195. DOI: 10.1111/iere.12045.

References

1. Zamnius A. V., Polbin A. V. Otsenka mezhdvremennoy elastichnosti zameshcheniya predlozheniya truda dlya zamuzhnykh zhenshchin v Rossii [Estimating Intertemporal Elasticity of Substitution of Labor Supply for Married Women in Russia]. *Prikladnaya ekonometrika [Applied Econometrics]*, 2021, vol. 64, no. 4, pp. 23-48. DOI: 10.22394/1993-7601-2021-64-23-48. (In Russ.)
2. Zamnius A. V., Polbin A. V., Sinelnikov-Murylev S. G. Elastichnost' predlozheniya truda po zarabotnoy plate u zhenatykh muzhchin v Rossii [The Labor Supply Elasticity for Married Men in Russia]. *Ekonomicheskii zhurnal VShE [HSE Economic Journal]*, 2022, vol. 26, no. 2, pp. 177-212. DOI: 10.17323/1813-8691-2022-26-2-177-212. (In Russ.)
3. Kuvalin D. B. Pochemu neobkhodimo podderzivat' zhilishchnoe stroitel'stvo [Why Is It Necessary to Support Housing Construction?]. *Zhilishchnye strategii [Russian Journal of Housing Research]*, 2021, vol. 8, no. 1, pp. 7-9. DOI: 10.18334/zhs.8.1.112447. (In Russ.)

4. Ovsyannikova T. Yu., Rabtsevich O. V., Yugova I. V. Otsenka mul'tiplikativnogo vliyaniya zhilishchnykh investitsiy na dinamiku gorodskogo razvitiya [Estimating the Multiplier Effect of Housing Investment on the Dynamics of Urban Development]. *Zhilishchnye strategii [Russian Journal of Housing Research]*, 2017, vol. 4, no. 3, pp. 175-192. DOI: 10.18334/zhs.4.3.38584. (In Russ.)
5. Polbin A. V., Sinelnikov-Murylev S. G. Postroenie i kalibrovka DSGE-modeli dlya rossiyskoy ekonomiki s ispol'zovaniem impul'snykh otklikov vektornoy avtoregressii [Developing and Impulse Response Matching Estimation of the DSGE Model for the Russian Economy]. *Prikladnaya ekonometrika [Applied Econometrics]*, 2024, vol. 73, pp. 5-34. DOI: 10.22394/1993-7601-2024-73-5-34. (In Russ.)
6. Roshchina Ya., Ilyunkina N. Analiz vliyaniya mer gosudarstvennoy podderzhki ipotech-nogo kreditovaniya na dostupnost' zhil'ya v Rossii: regional'nyy razrez [Impact of Government Measures to Support Mortgage Lending on Housing Affordability in Russia: Regional Evidence]. *Den'gi i kredit [Russian Journal of Money and Finance]*, 2021, vol. 80, no. 4, pp. 98-123. DOI: 10.31477/rjmf.202104.98. (In Russ.)
7. Shirov A. A., Yantovskiy A. A. Otsenka mul'tiplikativnykh effektov v ekonomike. Voz-mozhnosti i ogranicheniya [Assessment of Multiplier Effects in Economics: Features and Limitations]. *Vserossiyskiy ekonomicheskii zhurnal EKO [ECO Russian Economics Journal]*, 2011, no. 2(440), pp. 40-58. (In Russ.)
8. Shulgin A. *Bayesovskaya otsenka DSGE-modeli s dvumya pravilami monetarnoy politiki dlya Rossii. WP12/2014/01 [Bayesian Estimation of the DSGE Model with Two Monetary Policy Rules for Russia. WP12/2014/01]*. Moscow, HSE, 2014. (In Russ.)
9. Shulgin A. Skol'ko pravil monetarnoy politiki neobkhodimo pri otsenke DSGE-modeli dlya Rossii? [How Many Monetary Policy Rules Are Needed When Estimating a DSGE Model for Russia?]. *Prikladnaya ekonometrika [Applied Econometrics]*, 2014, no. 4, pp. 3-31. (In Russ.)
10. Adolfsen J. F. *Fiscal Tools at the Zero Lower Bound*. Copenhagen, Danmarks National Bank, 2017.
11. Aoki K., Proudman J., Vlieghe G. House Prices, Consumption, and Monetary Policy: A Financial Accelerator Approach. *Journal of Financial Intermediation*, 2004, vol. 13, no. 4, pp. 414-435. DOI: 10.1016/j.jfi.2004.06.003.
12. Ascari G., Castelnuovo E., Rossi L. Calvo vs. Rotemberg in a Trend Inflation World: An Empirical Investigation. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2011, vol. 35, no. 11, pp. 1852-1867. DOI: 10.1016/j.jedc.2011.06.002.
13. Asimakopoulos P., Asimakopoulos S. Fiscal Policy With Banks and Financial Frictions. *Journal of Financial Stability*, 2019, vol. 40, pp. 94-109. DOI: 10.1016/j.jfs.2017.10.010.
14. Barsky R. B., House C. L., Kimball M. S. Sticky-Price Models and Durable Goods. *American Economic Review*, 2007, vol. 97, no. 3, pp. 984-998. DOI: 10.1257/aer.97.3.984.
15. Davis M. A., Heathcote J. Housing and the Business Cycle. *International Economic Review*, 2005, vol. 46, no. 3, pp. 751-784. DOI: 10.1111/j.1468-2354.2005.00345.x.
16. Diaz-Gimenez J., Prescott C. E., Fitzgerald T., Alvarez F. Banking in Computable General Equilibrium Economies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1992, vol. 16, no. 3-4, pp. 533-559. DOI: 10.1016/0165-1889(92)90048-J.
17. Eskelinen M. Monetary Policy, Agent Heterogeneity and Inequality: Insights From a Three-Agent New Keynesian Model. *ECB, Working Paper Series no. 2590*, 2021. DOI: 10.2866/283105.
18. Fisher I. The Debt-Deflation Theory of Great Depressions. *Econometrica*, 1933, pp. 337-357. DOI: 0012-9682(193310)1:4<337:TDTOGD>2.0.CO;2-6.
19. Guerrieri L., Iacoviello M. Collateral Constraints and Macroeconomic Asymmetries. *Journal of Monetary Economics*, 2017, vol. 90, pp. 28-49. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2017.06.004.
20. Harding M., Klein M. Monetary Policy and Household Net Worth. *Review of Economic Dynamics*, 2022, vol. 44, pp. 125-151. DOI: 10.1016/j.red.2021.02.013.
21. Hinterschweiger M., Khairnar K., Ozden T., Stratton T. Macroprudential Policy Interactions in a Sectoral DSGE Model With Staggered Interest Rates. *Bank of England Staff Working Paper, no. 904*, 2021. DOI: 10.2139/ssrn.3778185.

22. Iacoviello M. *House Prices, Borrowing Constraints and Monetary Policy in the Business Cycle*. Cambridge, NBER, 2001. <https://users.nber.org/~confer/2001/urcf01/iacoviello.pdf>.
23. Iacoviello M. House Prices, Borrowing Constraints, and Monetary Policy in the Business Cycle. *American Economic Review*, 2005, vol. 95, no. 3, pp. 739-764. DOI: 10.1257/0002828054201477.
24. Iacoviello M., Neri S. Housing Market Spillovers: Evidence From an Estimated DSGE Model. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2010, vol. 2, no. 2, pp. 125-64. DOI: 10.1257/mac.2.2.125
25. Lee J., Song J. Housing and Business Cycles in Korea: A Multi-Sector Bayesian DSGE Approach. *Economic Modelling*, 2015, vol. 45, pp. 99-108. DOI: 10.1016/j.econmod.2014.11.009.
26. Leung C. Macroeconomics and Housing: A Review of the Literature. *Journal of Housing Economics*, 2004, vol. 13, no. 4, pp. 249-267. DOI: 10.1016/j.jhe.2004.09.002.
27. Lomonosov D. A. Shocks of Business Activity and Specific Shocks to Oil Market in DSGE Model of Russian Economy and Their Influence Under Different Monetary Policy Regimes. *Russian Journal of Money and Finance*, 2023, vol. 82, no. 4, pp. 44-79.
28. Mora-Sanguinetti J. S., Rubio M. Recent Reforms in Spanish Housing Markets: An Evaluation Using a DSGE Model. *Economic Modelling*, 2014, vol. 44, pp. 42-49. DOI: 10.1016/j.econmod.2014.04.028.
29. Nookhwun N., Tsomocos D. Mortgage Default, Financial Disintermediation and Macroprudential Policies. *PIER Research Workshop*, 2017.
30. Schmitt-Grohé S., Uribe M. Closing Small Open Economy Models. *Journal of International Economics*, 2003, vol. 61, no. 1, pp. 163-185. DOI: 10.1016/S0022-1996(02)00056-9.
31. Stähler N., Thomas C. FiMod - A DSGE Model for Fiscal Policy Simulations. *Economic Modelling*, 2012, vol. 29, no. 2, pp. 239-261. DOI: 10.1016/j.econmod.2011.10.001.
32. Zubairy S. On Fiscal Multipliers: Estimates From a Medium Scale DSGE Model. *International Economic Review*, 2014, vol. 55, no. 1, pp. 169-195. DOI: 10.1111/iere.12045.