

УДК 51-77;519-86

Анализ динамической модели влияния внешних экономических шоков на инфляционные процессы

Н.В. Антипина

Байкальский государственный университет, Россия, 664003, Иркутск, ул. Ленина, 11.

Аннотация

Несколько минувших десятиков лет были ознаменованы появлением таких кризисов экономической и социальной сферы общества, следствием которых явились экономические шоки предложения. Будучи ранее крайне редкими, они сместили на себя акцент в актуальности исследований макроэкономических процессов, подверженных влиянию шоков такой природы, не только в экономической теории, но и в математическом моделировании. В результате анализа уже известных макроэкономических моделей выявлено, что воздействие внешних экономических шоков на основные показатели макроэкономики может оказывать как отрицательное, так и положительное влияние на экономический рост. Цель исследования – построение и анализ динамической оптимизационной модели, а также рекомендации по выработке оптимальной стратегии экономической политики. Статья содержит описание постановки и математической формализации макроэкономической задачи нивелирования социального ущерба от влияния внешнего экономического шока предложения на инфляционный процесс и уровень безработицы. Связь двух последних процессов устанавливается на основе уравнения модифицированной кривой Филлипса, дополненной инфляционными ожиданиями, в предположении краткосрочной перспективы. Соответствующая этой задаче экономико-математическая модель классифицируется как оптимизационная и представляет собой задачу нахождения минимума функционала потерь. В статье описан качественный анализ этой модели, проведенный с использованием методов вариационного исчисления, получены формулы, описывающие динамику вышеназванных макроэкономических показателей, выведена формула для нахождения уровня инфляционных ожиданий в каждый момент рассматриваемого временного промежутка. Полученные результаты исследования математической модели интерпретированы экономически, при этом особое внимание уделено анализу влияния внешнего шока предложения на эти показатели.

Математические, статистические и инструментальные методы экономики (научная статья)

© Коллектив авторов, 2024


© Самарский университет, 2024 (составление, дизайн, макет)

© Контент публикуется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

Образец для цитирования:

Антипина Н.В. Анализ динамической модели влияния внешних экономических шоков на инфляционные процессы // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*, 2024. Т. 15, № 2. С. 29–40. doi: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-2-29-40>.

Сведения об авторе:

Наталья Валерьевна Антипина  <http://orcid.org/0000-0002-6948-6729>

кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры математических методов и цифровых технологий; e-mail: natant2012@mail.ru

Ключевые слова: макроэкономика; экономические шоки; социальные потери; безработица; инфляционные ожидания; математическое моделирование; вариационное исчисление.

Получение: 15 февраля 2024 г. / Исправление: 29 апреля 2024 г. /

Принятие: 10 мая 2024 г. / Публикация онлайн: 28 июня 2024 г.

Введение

Категория «шок» относится к одной из основных, рассматриваемых в динамике макроэкономических процессов, и представляет собой одно или несколько событий, которые определяются как внешние по отношению к экономике и могут оказывать на нее как положительное, так и отрицательное воздействия [1]. Шоки являются важными факторами влияния на экономику: например, на цены, производство, занятость и т.п. Причинами их возникновения могут быть действия экономических агентов (фирм, предприятий, домохозяйств), изменение вкусов и предпочтений потребителей, технологий производства или политика государства. Информация о шоках помогает лучше понять, как работает экономическая система, и какие факторы оказывают на нее влияние.

В макроэкономике различают шоки спроса и шоки предложения [1]. Рынок обычно реагирует на эти шоки: как правило, шоки спроса связаны с его понижением (например, скачки цен при высоком спросе на производные рынка нефти) и запускают цикл, а шоки предложения являются следствием резкого изменения цен и оказывают влияние на экономический рост [2, 3]. Шоки предложения также связаны с динамикой цен на ресурсы и факторы производства, со стихийными бедствиями природного или техногенного характера, с изменением в налоговой политике или законодательстве государства.

С точки зрения экономистов, по характеру влияния шоков на экономические показатели выделяют отрицательные (падение спроса, повышение цен) и положительные шоки (рост цен на экспортируемые товары) [1, 2]. Положительные шоки предложения увеличивают затраты и снижают цены, т.е. смещают равновесные уровни цен и выпуска в противоположных направлениях. Отрицательные шоки предложения могут:

- 1) кратковременно спровоцировать всплеск инфляции, затем – дефляции и привести экономическую систему в исходное состояние;
- 2) привести к устойчивому повышению цен и их последующему снижению;
- 3) повлечь за собой долговременное повышение цен.

В математическом аспекте виды шоков могут отличаться от их экономического смысла. Например, рост издержек – это положительный шок в математическом понимании, но отрицательный – в экономическом.

Шок может быть гипотетическим или реальным, но в любом случае влечет временное нарушение равновесного состояния экономической системы. Последствия шока выражаются возвратом к старому или переходом к новому стационарному состоянию [1]. Как следствие, имеются два варианта выхода из этой ситуации: либо экономика самостабилизируется, но это занимает достаточно длительный временной промежуток, в течение которого будет наблюдаться ее спад (высокий уровень безработицы при относительном росте цен), либо потребуются вмешательство государства для ускорения процесса стабилизации (принятие мер по регулированию и смягчению последствий шока) [1, 3].

Если говорить о краткосрочной перспективе (от месяца до одного года), то главными критериями стабильности макроэкономики являются низкий уровень инфляции и высокая

занятость, которые подвержены сильному влиянию инфляционных ожиданий и внешне-экономических шоков. Однако, эффективность политики регулирования шоков зависит от координации между различными субъектами экономики, правильного выбора инструментов, а также от критерия, на основе которого осуществляется этот выбор. Как правило, таким критерием является минимизация ущерба, нанесенного обществу воздействием шока [4]. И здесь нужно понимать, что инфляция может быть как ожидаемой, так и непредвиденной.

В последнее время общество столкнулось с кризисами, породившими шок предложения, а такие кризисы происходят крайне редко, раз в несколько десятков лет. Например, пандемия коронавируса повлекла за собой шок предложения, возникшего в результате закрытия предприятий, регионов и даже стран [5].

Таким образом, необходимость решения задач обеспечения устойчивости экономики в условиях шоков не теряет своей актуальности [2, 3, 5–8]. Согласно теории реального делового цикла Real Business Cycle, шоки являются неотъемлемой компонентой макроэкономических систем, обеспечивающей их развитие. Современные исследования на основе существующих моделей макроэкономики направлены на аспект влияния шоков на экономические показатели [3]. Шоки представляют собой экзогенные переменные и поэтому более значимы для анализа по сравнению с флуктуациями в макроэкономике. В связи с этим, они являются важным аспектом в макроэкономике [1]. Однако тот факт, что экономические теории не обеспечивают на сей момент требуемой достоверности моделей в условиях шоков той или иной природы, побуждает к использованию математического моделирования [8–15]. и исследования макроэкономических процессов с целью изучения влияния на нее шоков. Плюсом рассмотрения шока именно в рамках динамических моделей является возможность не только рассчитать новое стационарное состояние, но и траекторию движения к нему.

В статье представлена и исследована динамическая модель макроэкономики как результат математической формализации задачи минимизации социального ущерба, полученного от «шокового воздействия» на инфляционные процессы и занятость. Предложенная модель исследуется с помощью аппарата обыкновенных дифференциальных уравнений и исследования операций [10, 12, 13].

1. Постановка задачи

Анализ динамики уровня инфляции проведем в рамках динамической модели [13], поскольку это экономический показатель, изменяющийся с течением времени. Целью этого анализа является изучение влияния внешних экономических шоков на инфляционный процесс и уровень безработицы в течение кратковременного периода $[0, T]$ с акцентом на минимизацию сопутствующих им социальных потерь.

Перейдем к постановке задачи и ее математическому моделированию. Пусть \bar{Y} – естественный уровень безработицы, а Y – ее фактический уровень, π – ожидаемый уровень инфляции, p – фактический темп ее роста. Через ε обозначим параметр, отражающий влияние внешних экономических шоков на инфляционный процесс. Условимся, что в момент времени $t = 0$ инфляционные ожидания равны π_0 .

Для построения критерия, отражающего величину социальных потерь в краткосрочной перспективе, учтем, что отклонения уровней безработицы Y и \bar{Y} друг от друга и фактического уровня инфляции π от нулевого соответственно, должны быть минималь-

ными. Поэтому указанный критерий запишем в следующем виде:

$$L = (Y - \bar{Y})^2 + \alpha p^2, \quad (1)$$

где $\alpha > 0$ – это коэффициент чувствительности социальных потерь к изменению инфляции.

Согласно современным макроэкономическим представлениям, фактический уровень инфляции находится в зависимости от трех факторов: инфляционных ожиданий π , отклонения $Y - \bar{Y}$ и шоков предложения ε (как внешних, так и внутренних), что отражается известным соотношением (так называемым уравнением «кривой Филлипса, дополненной ожиданиями» [7, 16–19]).

$$p = \pi - \beta(Y - \bar{Y}) + \varepsilon, \quad (2)$$

где β – коэффициент эластичности инфляции p по циклической безработице $Y - \bar{Y}$, $\beta > 0$, ε – параметр влияния внешних шоков на темп инфляции [17, 20].

Соотношение (2) отражает двойственную природу инфляции: с одной стороны, инфляционный процесс является инерционным (что отражается в теории адаптивных ожиданий). Это означает, что при отсутствии резких изменений циклической безработицы и шоков предложения темп роста уровня цен будет постоянным. С другой стороны, наблюдаются колебания этого уровня, обусловленные противоположным влиянием на него двух последних составляющих уровня p в соотношении (2). Поскольку с ростом совокупного спроса разность $Y - \bar{Y}$ уменьшается, то слагаемое $-\beta(Y - \bar{Y})$ в уравнении (2) будем считать инфляцией спроса. Что касается параметра ε , то он описывает инфляцию издержек. Отрицательным шокам соответствует $\varepsilon > 0$, что увеличивает темп инфляции p , положительным – $\varepsilon < 0$, что сдерживает повышение цен.

Рассмотрение инфляционных процессов в краткосрочной перспективе, дает право сделать допущение об адаптивности инфляционных ожиданий [16, 21, 22], а их динамику в этом случае описывает уравнение

$$\pi' = \gamma(p - \pi), \quad (3)$$

где π' – скорость ожидаемой инфляции, γ – коэффициент интенсивности изменения уровня π . Отметим, что $0 < \gamma \leq 1$, так как адаптивные ожидания не подразумевают резких изменений уровня инфляции. Соотношения (2), (3) влекут за собой следующее:

$$Y - \bar{Y} = -\frac{\pi'}{\beta\gamma} + \frac{\varepsilon}{\beta}, \quad (4)$$

с учетом которого уравнение (2) преобразуется к виду

$$p = \pi + \frac{\pi'}{\gamma}. \quad (5)$$

Из (1), (4) и (5) получим следующий вид функции социальных потерь:

$$L(\pi, \pi') = \left(\frac{\varepsilon}{\beta} - \frac{\pi'}{\beta\gamma} \right)^2 + \alpha \left(\frac{\pi + \pi'}{\gamma} \right)^2.$$

Модифицируем этот критерий дополнением его дисконтированной оценки:

$$F(\pi, \pi', t) = L(\pi, \pi')e^{-\delta t} = \left(\left(\frac{\varepsilon}{\beta} - \frac{\pi'}{\beta\gamma} \right)^2 + \alpha \left(\pi + \frac{\pi'}{\gamma} \right)^2 \right) e^{-\delta t},$$

где δ – норма дисконтирования социального ущерба общества, $0 < \delta < 1$.

С учетом всех изложенных предположений и допущений, задача состоит в нахождении уровня ожиданий инфляции π , на котором суммарный дисконтированный социальный ущерб

$$\int_0^T F(\pi, \pi', t) dt = \int_0^T L(\pi, \pi') e^{-\delta t} dt \rightarrow \min \quad (6)$$

за период $[0, T]$ достигнет своего минимума при выполнении условий

$$\pi(0) = \pi_0, \quad \pi(T) = 0. \quad (7)$$

Таким образом, математическая модель поставленной задачи представлена соотношениями (6), (7).

2. Исследование математической модели

С математической точки зрения, модель (6), (7) представляет собой задачу вариационного исчисления, решение которой находится из уравнения Эйлера [12]

$$F'_\pi - F''_{\pi't} - F''_{\pi'\pi'} \pi''(t) - F''_{\pi'\pi} \pi'(t) = 0, \quad (8)$$

где $F'_{\pi'} = \frac{d}{dt} F'_{\pi'}$.

Найдем фигурирующие в этом уравнении частные производные функции $F(\pi, \pi', t)$:

$$F'_\pi = 2\alpha \left(\pi + \frac{\pi'}{\gamma} \right) e^{-\delta t}, \quad F'_{\pi'} = 2 \left[\frac{1 + \alpha\beta^2}{\beta^2\gamma^2} \pi' + \frac{\alpha}{\gamma} \pi - \frac{\varepsilon}{\beta^2\gamma} \right] e^{-\delta t},$$

$$F''_{\pi't} = -2\delta \left[\frac{1 + \alpha\beta^2}{\beta^2\gamma^2} \pi' + \frac{\alpha}{\gamma} \pi - \frac{\varepsilon}{\beta^2\gamma} \right] e^{-\delta t}, \quad F''_{\pi'\pi'} = 2 \frac{1 + \alpha\beta^2}{\beta^2\gamma^2} e^{-\delta t}, \quad F''_{\pi'\pi} = \frac{2\alpha}{\gamma} e^{-\delta t}.$$

После тривиальных преобразований уравнение (8) может быть записано в виде

$$\frac{1 + \alpha\beta^2}{\beta^2\gamma^2} \pi'' - \delta \frac{1 + \alpha\beta^2}{\beta^2\gamma^2} \pi' - \frac{\alpha(\delta + \gamma)}{\gamma} \pi = \frac{\delta\varepsilon}{\beta^2\gamma}.$$

Умножая обе части последнего уравнения на $\frac{\beta^2\gamma^2}{1 + \alpha\beta^2} \neq 0$, находим

$$\pi'' - \delta\pi' - \frac{\alpha\beta^2\gamma(\delta + \gamma)}{1 + \alpha\beta^2} \pi = \frac{\delta\gamma}{1 + \alpha\beta^2} \varepsilon. \quad (9)$$

Введем обозначения

$$\omega^2 = \frac{\alpha\beta^2\gamma(\delta + \gamma)}{1 + \alpha\beta^2}, \quad k = \frac{\delta\gamma}{1 + \alpha\beta^2}, \quad (10)$$

после применения которых уравнение (9) принимает вид

$$\pi'' - \delta\pi' - \omega^2\pi = k\varepsilon. \quad (11)$$

Решение неоднородного дифференциального уравнения второго порядка (11) представляет собой сумму общего решения соответствующего однородного уравнения $\pi_O(t)$ и частного решения $\pi_F(t)$ уравнения (11).

Для отыскания общего решения $\pi_O(t)$ находим корни характеристического уравнения [10]

$$\begin{aligned} \lambda^2 - \delta\lambda - \omega^2 &= 0, \\ \lambda_{1,2} &= \frac{\delta \pm \sqrt{\delta^2 + 4\omega^2}}{2}. \end{aligned} \quad (12)$$

Поскольку параметры исследуемой модели α , β , γ , δ положительны, то корни $\lambda_{1,2}$ уравнения (12) действительны и различны. Следует отметить, что $\lambda_1 > 0$, $\lambda_2 < 0$.

Общее решение однородного уравнения имеет вид

$$\pi_O(t) = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t}.$$

Частное решение уравнения (11) следует искать в виде константы $\pi_F(t) = \bar{C} = const$, подставляя которую в уравнение, находим $\bar{C} = -\frac{k\varepsilon}{\omega^2}$.

Общее решение уравнения (11) записывается в виде

$$\pi(t) = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} - \frac{k\varepsilon}{\omega^2}. \quad (13)$$

Для вычисления произвольных постоянных C_1 и C_2 необходимо использовать условия (7), которые приводят к системе уравнений

$$\begin{cases} C_1 + C_2 - \frac{k\varepsilon}{\omega^2} = \pi_0, \\ C_1 e^{\lambda_1 T} + C_2 e^{\lambda_2 T} - \frac{k\varepsilon}{\omega^2} = 0. \end{cases}$$

Решение этой системы имеет вид

$$\begin{cases} C_1 = -\frac{\pi_0 e^{\lambda_2 T}}{e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_2 T}} + \frac{k(1 - e^{\lambda_2 T})}{e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_2 T}} \varepsilon, \\ C_2 = \frac{\pi_0 e^{\lambda_1 T}}{e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_2 T}} - \frac{k(1 - e^{\lambda_1 T})}{e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_2 T}} \varepsilon. \end{cases} \quad (14)$$

Подстановка констант (14) в решение уравнения (13) приводит к оптимальному реше-

нию задачи (7), (8), на временном отрезке $[0, T]$

$$\begin{aligned} \pi^*(t) = & \frac{\pi_0}{e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_2 T}} \cdot \left(e^{\lambda_1 T} e^{\lambda_2 t} - e^{\lambda_2 T} e^{\lambda_1 t} \right) + \\ & + \frac{k}{\omega^2 (e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_2 T})} \cdot \left((e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}) - (e^{\lambda_1 T} - e^{\lambda_2 T}) + (e^{\lambda_1 T} e^{\lambda_2 t} - e^{\lambda_2 T} e^{\lambda_1 t}) \right) \varepsilon. \end{aligned} \quad (15)$$

Вводя обозначения

$$f(t) = e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}, \quad g(t) = e^{\lambda_1 T} e^{\lambda_2 t} - e^{\lambda_2 T} e^{\lambda_1 t},$$

и используя формулы (10), преобразуем решение (15) к виду

$$\pi^*(t) = \frac{\pi_0}{g(0)} g(t) + \frac{k}{\omega^2 g(0)} \left(f(t) + g(t) - g(0) \right) \varepsilon, \quad (\forall t \in [0, T]), \quad (16)$$

Здесь $g(0) = f(T) > 0, g(T) = 0$.

С помощью формул (12) выражение для функции $g(t)$ окончательно принимает вид

$$g(t) = e^{(\lambda_1 + \lambda_2)T} \cdot \left(e^{\lambda_2(t-T)} - e^{\lambda_1(t-T)} \right) = e^{\delta T} \cdot \left(e^{\lambda_2(t-T)} - e^{\lambda_1(t-T)} \right). \quad (17)$$

Для подсчета минимального значения функционала (7) найдем производную функции (15)

$$\pi^{*'}(t) = \frac{\pi_0}{g(0)} g'(t) + \frac{k}{\omega^2 g(0)} \left(f(t) + g(t) \right)'. \quad (18)$$

Таким образом, минимальные общие дисконтированные социально-экономические потери в течение периода времени $[0, T]$ достигаются при оптимальном уровне инфляционных ожиданий $\pi^*(t)$ и определяются непосредственно путем подстановки функций (15) и (17) в функционал (7) и последующим интегрированием функции F .

Оптимальный уровень безработицы $Y^*(t)$ определяется из формул (4) и (18)

$$Y^*(t) = \bar{Y} - \frac{\pi^{*'}}{\beta\gamma} + \frac{\varepsilon}{\beta}. \quad (19)$$

Напомним, что λ_1 и λ_2 однозначно находятся по заданным значениям параметров модели (7), (8) с помощью формулы (10).

3. Экономическая интерпретация полученных результатов

Оптимальные инфляционные ожидания (16) являются суммой двух составляющих: первое слагаемое $\frac{\pi_0}{g(0)} g(t)$ не подвержено воздействию внешних шоков ε , второе, напротив, – зависит от них.

Динамику первого слагаемого определяет поведение функции (17). Легко показать, что функция $g(t) \geq 0$ и убывает на отрезке $[0, T]$. Значит, с течением времени «вклад» этого слагаемого в инфляционные ожидания $\pi^*(t)$ уменьшается.

Для оценки влияния внешних шоковых воздействий на инфляционные ожидания $\pi^*(t)$, рассмотрим поведение коэффициента при ε во втором слагаемом решения (16).

Поскольку корни $\lambda_{1,2}$ характеристического уравнения (12) имеют разные знаки, то

$$h(t) = \left(f(t) + g(t) - g(0) \right) < 0 \quad \forall t \in [0, T].$$

Следовательно, при $\varepsilon > 0$ второе слагаемое уменьшает уровень инфляционных ожиданий $\pi^*(t)$, а при $\varepsilon < 0$ – увеличивает его. Более того, легко проверить, что $h(t)$ имеет точку минимума

$$t_{\min} = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} \ln \frac{\lambda_2(1 - e^{\lambda_1 t})}{\lambda_1(1 - e^{\lambda_2 t})}$$

на отрезке $[0, T]$ (примерно в его середине). Принадлежность точки t_{\min} этому отрезку обеспечивают соотношения $\lambda_1 > 0$, $\lambda_2 < 0$.

Заключение

1. С точки зрения минимизации социального ущерба общества, влияние внешних шоков на инфляционные ожидания в краткосрочной перспективе незначительно и обуславливает характер аperiодичных колебаний инфляционных ожиданий.

2. Для достижения поставленной цели рекомендуется использовать инструменты экономической политики с направленностью на заякоривание (поддержание) уровня инфляционных ожиданий и фактического уровня безработицы, определяемых формулами (12) и (14) соответственно.

Конкурирующие интересы: Конкурирующих интересов нет.

Библиографический список

1. Алешина О.Г. Внешние и внутренние шоки в экономике: методология // Экономика и управление инновациями. – 2022. – № 2(21). – С. 39–60. DOI: 10.26730/2587-5574-2022-2-39-60. EDN: <https://www.elibrary.ru/ltruu>
2. Зикунова И.В. Механизм делового цикла: шоки предложения и спроса // Проблемы теории и практики управления. – 2009. – № 6. – С. 102–107. EDN: <https://www.elibrary.ru/kxlpj>
3. Латыпова М.В., Полтораднева Н.Л. Возможности моделирования ценовых шоков на мировом рынке нефти в современных условиях // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2015. – № 3 (221). – С. 32–42. DOI: 10.5862/JE.221.3. EDN: <https://www.elibrary.ru/txmsdt>
4. Кузнецова О.С. Неопределенность функции общественных потерь и оптимальная макроэкономическая политика // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом «Высшей школы экономики». – 2012. – 24 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://publications.hse.ru/preprints/75946656>. (дата обращения: 24.03.2024)
5. Ромашкина Г.Ф., Андрианов К.В., Скрипнюк Д.Ф. Процессы инфляции и безработицы в период и после пандемии COVID-19 // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2023. – Т. 16. – № 3. С. 212–230. DOI: 10.15838/esc.2023.3.87.11. EDN: <https://www.elibrary.ru/kfihqo>
6. Вымятина Ю.В., Полякова Е.В. Эволюция подходов к моделированию инфляционных ожиданий // Финансы и бизнес. – 2021. – Т. 17. – № 1. – С. 29–51. DOI: 10.31085/1814-4802-2021-17-1-29-51. EDN: <https://www.elibrary.ru/nezndr>
7. Меджидов А.Н. Взаимосвязь инфляции и безработицы. Значение и современная интерпретация кривой Филлипса // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2022. – Т. 12. – № 5–1. – С. 502–509. DOI: 10.34670/AR.2022.86.15.060. EDN: <https://www.elibrary.ru/myfoun>

8. Чернавский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В. Динамическая модель закрытого общества (институциональные ловушки и кризисы) // Математическое моделирование, 2001. – Т. 13. – № 11. – С. 97–115. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mathnet.ru/rus/mm808>. (дата обращения: 24.03.2024)
9. Аксенюшкина Е.В., Мамонова Н.В., Аксенюшкин А.В. Анализ и моделирование уровня занятости населения Иркутской области // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. – 2022. – № 2. – С. 3–10. DOI: 10.18101/2304-4446-2022-2-3-10. EDN: <https://www.elibrary.ru/vczjkl>
10. Журавлев С.Г., Аниковский В.В. Дифференциальные уравнения: сборник задач: примеры и задачи экономики, экологии и других социальных наук: учебное пособие для вузов // Москва: Экзамен, 2005. – 126 с. ISBN 5-472-00832-8. EDN: <https://www.elibrary.ru/qjowsp>
11. Леонова О.В., Сорокина П.Г. Моделирование процессов убытков страховщика с помощью вероятностных распределений на примере страховой компании РОСГОССТРАХ // Baikal Research Journal. – 2017. – Т. 8. – № 4. – С. 27. DOI: 10.17150/2411-6262.2017.8(4).27. EDN: <https://www.elibrary.ru/ynlogw>
12. Пантелеев А.В., Летова Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах: учебное пособие. – 4-е издание, исправленное. – Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2015. – 512 с. ISBN: 978-5-8114-887-9. EDN: <https://www.elibrary.ru/wmqart>
13. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении: учебное пособие. 3-е издание. – Москва: Дело, 2004. – 440 с. EDN: <https://www.elibrary.ru/sgdioz>
14. Шуплецов А.Ф., Харитонов П.В. Моделирование оптимальной стратегии развития предпринимательской деятельности промышленной компании на основе эффективного использования потенциала нематериальных ресурсов // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). – 2013. – № 6. – С. 8–14. EDN: <https://www.elibrary.ru/rsyuuf>
15. Angel de la Fuente. Mathematical methods and models for economists. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2000. – 835 p.
16. Ильяшенко В.В. Взаимосвязь инфляции и безработицы: теоретические аспекты и особенности проявления в экономике России // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2016. – № 2 (64). – С. 5–11. EDN: <https://www.elibrary.ru/waxnsd>
17. Лозбинев И.А. Анализ взаимосвязи инфляции и безработицы в современных условиях // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 4. – С. 16. EDN: <https://www.elibrary.ru/gozap1>
18. Friedman M. The Role of Monetary Policy // The American Economic Review. – 1968. – Vol. 58, Iss. 1, pp. 1–17.
19. Phelps E.S. Money-Wage Dynamics and Labor Market Equilibrium // Journal of Political Economy. – 1968. – Vol. 76, Iss. 4, pp. 678–711.
20. Брю С.Л., Макконнелл К.Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика. пре. 17-го англ. изд. М.: ИНФРА-М, 2009. – 916 с. ISBN 978-5-16-003470-6.
21. Chow G.C. Usefulness of Adaptive and Rational Expectations in Economics // CEPS Working Paper. – 2011. – No. 221.
22. Ciang A.C. Fundamental methods of mathematical economics. New-York: McGraw-Hill, 1974. – 785 p.

Analysis of the dynamic model of the impact of external economic shocks on inflationary processes

N.V. Antipina

Baikal State University,
11, Lenin Street, Irkutsk, 664003, Russian Federation.

Abstract

The past few decades by the emergence of such crises in the economic and social sphere of society, which resulted in economic supply shocks have been marked. Previously extremely rare, they have shifted the focus to the relevance of research on macroeconomic processes affected by shocks of this nature, not only in economic theory, but also in mathematical modelling. As a result of the analysis of already known macroeconomic models, it was revealed that the impact of external economic shocks on the main indicators of macroeconomics can have both negative and positive effects on economic growth. The purpose of the study is to build and analyze a dynamic optimization model, as well as recommendations for developing an optimal economic policy strategy. The article contains a description of the formulation and mathematical formalization of the macroeconomic task of levelling social damage from the impact of an external economic supply shock on the inflationary process and the unemployment rate. The connection between the two latter processes is established on the basis of the equation of the modified Phillips curve, supplemented by inflationary expectations, assuming a short-term perspective. The corresponding to this task economic and mathematical model is classified as an optimization model and represents the task of finding the conditional minimum of the loss functional. The article describes the qualitative analysis of this model, carried out using the methods of calculus of variations, formulas describing the dynamics of the above-mentioned macroeconomic indicators are obtained, a formula is derived for finding the level of inflation expectations at each moment of the time period under consideration. The obtained results of the mathematical model study are interpreted economically, while special attention is paid to the analysis of the impact of the external supply shock on these indicators.

Keywords: macroeconomics; economic shocks; social losses; unemployment; inflation expectations; mathematical modeling; calculus of variations.

Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (Research Article)

© Authors, 2024


© Samara University, 2024 (Compilation, Design, and Layout)

Ⓐ © ⓘ The content is published under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Please cite this article in press as:

Antipina N.V. Analysis of the dynamic model of the impact of external economic shocks on inflationary processes, *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i Upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2024, vol. 15, no. 2, pp. 29–40. doi:<http://doi.org/10.18287/2542-0461-2024-15-2-29-40> (In Russian).

Author's Details:

Natalya V. Antipina  <http://orcid.org/0000-0002-6948-6729>

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate professor; Associate professor of the Department of mathematical methods and digital technologies; e-mail: natant2012@mail.ru

Received: Thursday 15th February, 2024 / Revised: Monday 29th April, 2024 /
Accepted: Friday 10th May, 2024 / First online: Friday 28th June, 2024

Competing interests: No competing interests.

References

1. Aleshina O.G. External and internal shocks in the economy: methodology // Economics and innovation management. – 2022. – No. 2(21). – pp. 39–60. DOI: 10.26730/2587-5574-2022-2-39-60. EDN: <https://www.elibrary.ru/ltmruu> (In Russ.)
2. Zikunova I.V. Business cycle mechanism: supply and demand shocks // Problems of management theory and practice. – 2009. – No. 6. – pp. 102–107. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12952785>. EDN: <https://www.elibrary.ru/kxlpjg> (In Russ.)
3. Latypova M.V., Poltoradneva N.L. Possibilities of modeling price shocks on the global oil market in modern conditions // Scientific and Technical Journal of the St. Petersburg State Polytechnic University. Economic Sciences. – 2015. – No. 3 (221). – pp. 32–42. DOI: 10.5862/JE.221.3. EDN: <https://www.elibrary.ru/txmsdt> (In Russ.)
4. Kuznetsova O.S. Uncertainty of the social loss function and optimal macroeconomic policy // Nat. research University "Higher School of Economics". M.: Publishing house. House of the Higher School of Economics. – 2012. – 24 p. [Electronic resource]. Access mode: <https://publications.hse.ru/preprints/75946656>. (accessed: 24.03.2024) (In Russ.)
5. Romashkina G.F., Andrianov K.V., Skripnyuk D.F. Processes of inflation and unemployment during and after the COVID–19 pandemic // Economic and social changes: facts, trends, forecast. – 2023. – Vol. 16. – No. 3. – pp. 212–230. DOI: 10.15838/esc.2023.3.87.11. EDN: <https://www.elibrary.ru/kfihqo> (In Russ.)
6. Vymyatnina Yu.V., Polyakova E.V. Evolution of approaches to modeling inflation expectations // Finance and business. – 2021. – Vol. 17. – No. 1. – pp. 29–51. DOI: 10.31085/1814-4802-2021-17-1-29-51. EDN: <https://www.elibrary.ru/nezndr> (In Russ.)
7. Medzhidov A.N. The relationship between inflation and unemployment. The meaning and modern interpretation of the Phillips curve // Economics: yesterday, today, tomorrow. – 2022. – Vol. 12. – No. 5–1. – P. 502–509. DOI: 10.34670/AR.2022.86.15.060. EDN: <https://www.elibrary.ru/myfoun> (In Russ.)
8. Chernavsky D.S., Starkov N.I., Shcherbakov A.V. Dynamic model of a closed society (institutional traps and crises) // Mathematical modeling, 2001. – Vol. 13. – No. 11. – P. 97–115. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.mathnet.ru/rus/mm808>. (accessed: 24.03.2024) (In Russ.)
9. Aksenyushkina E.V., Mamonova N.V., Aksenyushkin A.V. Analysis and modeling of the employment level of the population of the Irkutsk region // Bulletin of the Buryat State University. Economics and management. – 2022. – No. 2. – pp. 3–10. DOI: 10.18101/2304-4446-2022-2-3-10. EDN: <https://www.elibrary.ru/vczjkl> (In Russ.)
10. Zhuravlev S.G., Anikovskiy V.V. Differential equations: a collection of problems: examples and problems of economics, ecology and other social sciences: textbook for universities // Moscow: Exam, 2005. – 126 p. ISBN 5-472-00832-8. EDN: <https://www.elibrary.ru/qjowsp> (In Russ.)

11. Leonova O.V., Sorokina P.G. Modeling of insurer's loss processes using probability distributions using the example of the insurance company ROSGOSSTRAKH // *Baikal Research Journal*. – 2017. – Vol. 8. – No. 4. – pp. 27. DOI: 10.17150/2411-6262.2017.8(4).27. EDN: <https://www.elibrary.ru/ynlogw> (In Russ.)
12. Panteleev A.V., Letova T.A. Optimization methods in examples and problems: tutorial. – 4th edition, revised. – St. Petersburg: Lan Publishing House, 2015. – 512 p. ISBN: 978-5-8114-887-9. EDN: <https://www.elibrary.ru/wmqapt> (In Russ.)
13. Shikin E.V., Chkhartishvili A.G. Mathematical methods and models in management: textbook. 3rd edition. – Moscow: Delo, 2004. – 440 p. EDN: <https://www.elibrary.ru/sgdioz> (In Russ.)
14. Shupletsov A.F., Kharitonova P.V. Modeling the optimal strategy for the development of entrepreneurial activity of an industrial company based on the effective use of the potential of intangible resources // *News of the Irkutsk State Economic Academy (Baikal State University of Economics and Law)*. – 2013. – No. 6. – pp. 8–14. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_21064483_61546151.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/rsyuuf> (In Russ.)
15. Angel de la Fuente. Mathematical methods and models for economists. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2000. – 835 p.
16. Ilyashenko V.V. The relationship between inflation and unemployment: theoretical aspects and features of manifestation in the Russian economy // *News of the Ural State Economic University*. – 2016. – No. 2 (64). – pp. 5–11. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26180378_63364388.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/waxnsd> (In Russ.)
17. Lozbinev I.A. Analysis of the relationship between inflation and unemployment in modern conditions // *Bulletin of Eurasian Science*. – 2023. – Vol. 15. – No. 4. – pp. 16. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_62957253_11885201.pdf. EDN: <https://www.elibrary.ru/gozapl> (In Russ.)
18. Friedman M. The Role of Monetary Policy // *The American Economic Review*. – 1968. – Vol. 58, Iss. 1, pp. 1–17.
19. Phelps E.S. Money-Wage Dynamics and Labor Market Equilibrium // *Journal of Political Economy*. – 1968. – Vol. 76, Iss. 4, pp. 678–711.
20. Brew S.L., McConnell K.R. Economics: principles, problems and policies. pres. 17th English ed. M.: INFRA–M, 2009. – 916 p. ISBN 978-5-16-003470-6. (In Russ.)
21. Chow G.C. Usefulness of Adaptive and Rational Expectations in Economics // *CEPS Working Paper*. – 2011. – No. –221.
22. Ciang A.C. Fundamental methods of mathematical economics. New–York: McGraw–Hill, 1974. – 785 p.