

Научная статья

Original article

УДК 330.43

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_10_226

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА
ФАКТОРОВ ИНФЛЯЦИОННОГО РИСКА
MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF TOOLS FOR ANALYZING
INFLATION RISK FACTORS**



Параскевопуло Ольга Ригасовна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики-3, Институт перспективных технологий и индустриального программирования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва

Гельмиярова Виктория Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики-3, Институт перспективных технологий и индустриального программирования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва

Свищёва Анастасия Леонидовна, PhD (кандидат наук), старший преподаватель кафедры ФН-2 «Прикладная математика» Факультет «Фундаментальные науки», Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана - Национальный Исследовательский Университет, Москва

Манаенкова Татьяна Андреевна, старший преподаватель кафедры финансового мониторинга, Институт финансовых технологий и

экономической безопасности, Национальной исследовательской ядерный университет «МИФИ», Москва

Paraskevopulo Olga Rigasovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics-3, Institute of Advanced Technologies and Industrial Programming, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA – Russian Technological University", Moscow

Gelmiyarova Viktoriya Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics-3, Institute of Advanced Technologies and Industrial Programming, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "MIREA – Russian Technological University", Moscow

Svishhyova Anastasiya Leonidovna, PhD (Candidate of Sciences), Senior Lecturer at the Department of FN-2 "Applied Mathematics" at the Faculty of Fundamental Sciences, Bauman Moscow State Technical University - National Research University, Moscow

Manaenkova Tatyana Andreevna, Senior Lecturer at the Department of Financial Monitoring, Institute of Financial Technologies and Economic Security, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow

Аннотация. В исследовании применяется методология квантильной регрессии в сочетании с моделью локальных проекций для анализа воздействия макроэкономических и финансовых шоков на различные участки распределения инфляционных показателей в российской экономике. Эмпирические результаты свидетельствуют, что ключевыми факторами усиления инфляционного давления выступают ускорение роста номинальных доходов населения, расширение потребительского спроса, выраженное через оборот розничной торговли, а также девальвация национальной валюты и сокращение промышленного производства. Установлено, что дополнительные сигналы о росте инфляционных рисков могут поступать из

геополитической сферы, а также из области долгового финансирования, где снижение кредитных спредов по долговым инструментам может указывать на избыточную ликвидность. Анализ выявил нелинейный характер влияния валютного курса: эффект его *passthrough* в потребительские цены усиливается на верхних квантилях инфляционного распределения. При этом в условиях высокой инфляции наблюдается асимметрия - девальвация оказывает более сильное воздействие на цены, чем ревальвация сопоставимой величины. Важным выводом работы является заключение о ограниченной эффективности монетарной политики в сдерживании экстремальных инфляционных сценариев. Повышение ключевой ставки демонстрирует меньшую результативность в снижении вероятности всплесков инфляции по сравнению с воздействием на ее среднесрочные ожидания. Это свидетельствует о необходимости применения Банком России комплексных мер, сочетающих монетарные инструменты с макропруденциальными и структурными решениями для управления инфляционными рисками в условиях шоков предложения.

Abstract. The study uses the quantile regression methodology in combination with a local projection model to analyze the impact of macroeconomic and financial shocks on various areas of the distribution of inflationary indicators in the Russian economy. Empirical results show that the key factors in increasing inflationary pressure are the acceleration of nominal income growth, the expansion of consumer demand expressed through retail trade, as well as the devaluation of the national currency and a reduction in industrial production. It has been established that additional signals about the growth of inflationary risks may come from the geopolitical sphere, as well as from the field of debt financing, where a decrease in credit spreads on debt instruments may indicate excess liquidity. The analysis revealed the nonlinear nature of the effect of the exchange rate: its effect on consumer prices increases at the upper quantiles of the inflationary distribution. At the same time, in conditions of high inflation, there is an asymmetry - devaluation

has a stronger effect on prices than revaluation of a comparable value. An important conclusion of the work is the conclusion about the limited effectiveness of monetary policy in containing extreme inflationary scenarios. An increase in the key rate demonstrates less effectiveness in reducing the likelihood of spikes in inflation compared to the impact on its medium-term expectations. This indicates the need for the Bank of Russia to apply comprehensive measures combining monetary instruments with macroprudential and structural solutions to manage inflationary risks in the face of supply shocks.

Ключевые слова: статистический анализ, математический инструментарий, выборочный анализ, разведочный анализ, статистика

Keywords: statistical analysis, mathematical tools, sampling analysis, exploratory analysis, statistics

Введение

Сохранение ценовой стабильности представляет собой ключевую задачу монетарных властей. Временной лаг между применением инструментов денежно-кредитной политики и их воздействием на инфляционные процессы обуславливает необходимость ориентации на прогнозные значения. Таким образом, критически важной становится способность центрального банка предсказывать будущую динамику инфляции и своевременно корректировать политику при угрозе отклонения от целевых ориентиров.

При реализации ДКП существенное значение имеет не только точечный прогноз, но и оценка вероятности превышения инфляцией установленных пороговых значений. Сценарии с идентичным средним прогнозом (например, 0.5%), но разной вероятностью скачка выше 1% (5% против 30%), требуют принципиально разных подходов к политике. Это актуализирует необходимость моделирования всего распределения инфляционных рисков, а не только его центральной тенденции. Особую ценность представляет идентификация факторов, определяющих вероятность экстремальных ценовых движений, что позволяет проводить превентивную политику.

Для анализа условного распределения инфляции в современной эконометрике активно применяется метод квантильной регрессии, позволяющий оценивать детерминанты на различных участках распределения. Перспективным направлением является использование динамических квантильных моделей, получающих распространение в зарубежных исследованиях.

Обзор существующих исследований позволяет сформировать расширенный перечень переменных для анализа инфляционных рисков в российской экономике, включая:

- показатели внутреннего спроса и производства
- параметры денежно-кредитной сферы
- внешнеэкономические индикаторы
- индексы деловой активности и ожиданий

Дальнейшее исследование будет направлено на верификацию значимости указанных факторов для различных квантилей инфляционного распределения с использованием современных эконометрических методов.

1. Инструментарий моделирования инфляционных рисков

Принципиальное отличие квантильной регрессии от классических методов заключается в её способности моделировать не условное математическое ожидание, а различные участки распределения вероятностей анализируемого процесса. Это свойство особенно ценно при исследовании инфляционных рисков, где важно понимать не только среднесрочные тенденции, но и вероятность экстремальных отклонений.

В современных исследованиях прослеживаются два основных подхода к анализу инфляционной динамики. Первый предполагает построение локальных проекций влияния факторов на различные квантили инфляции с временным лагом.

Метод локальных проекций позволяет непосредственно оценивать реакцию экономических показателей на различные шоки без строгих

предположений о лаговой структуре. Этот подход особенно эффективен для нелинейных моделей, включая квантильную регрессию, поскольку упрощает расчёт импульсных откликов. В дальнейшем метод был расширен для оценки кумулятивных эффектов воздействия факторов на аккумулированные показатели.

В настоящем исследовании применяется синтез методологий квантильной регрессии и локальных проекций для анализа детерминант инфляционного риска на различных временных горизонтах. Особенностью предлагаемого подхода является учёт долгосрочных связей между уровнем цен и другими макроэкономическими переменными через включение в модель остатков от коинтеграционных соотношений. Формальная спецификация модели позволяет интерпретировать регрессоры как предикторы квантилей будущей инфляции, что обеспечивает комплексный анализ факторов ценовой стабильности на кратко-, средне- и долгосрочных горизонтах планирования.

Такой методический аппарат даёт возможность выявить асимметричное влияние различных факторов на разные участки инфляционного распределения, что имеет важное значение для разработки адресных мер денежно-кредитной политики.

$$inflation_{t+h}^{h,\tau} = \alpha_h^\tau + \beta_{0,h}^\tau inflation_t + \sum_{i=1} \beta_{i,h}^\tau x_t^i + \gamma_h^\tau coint_t + \varepsilon_{t+h}^{h,\tau},$$

$$\tau \in (0, 1), \quad h \geq 1,$$

Оценки коэффициентов модели при этом отыскиваются на основе минимизации функции потерь:

$$\min \sum_{t=1}^T \begin{cases} \tau \times |y_t - \hat{y}_t|, & y_t - \hat{y}_t \geq 0, \\ (1 - \tau) \times |y_t - \hat{y}_t|, & y_t - \hat{y}_t < 0, \end{cases} \quad \tau \in (0, 1).$$

Рассматриваемая методика имеет сходство с традиционным методом наименьших квадратов, однако отличается принципом оценки ошибок. В данном случае применяется асимметричная функция потерь, где штраф за отклонение зависит от направления ошибки прогноза. Например, при

моделировании 99-го квантиля инфляции завышение фактического значения относительно прогнозируемого наказывается коэффициентом 0,99, тогда как занижение — лишь коэффициентом 0,01. Такой подход обеспечивает точную оценку экстремальных значений распределения.

Последовательное вычисление квантилей для различных уровней вероятности позволяет восстановить кумулятивную функцию распределения будущей инфляции. Однако полученная ступенчатая функция требует дополнительной обработки для перехода к непрерывной плотности распределения. На практике для этого применяются как параметрические методы, например аппроксимация скошенным распределением Стюдента, так и непараметрические подходы, такие как ядерное сглаживание, позволяющее учесть сложную форму распределения.

Для верификации качества построенного распределения используется критерий на основе интегрального преобразования вероятности. Данный тест проверяет гипотезу о равномерном распределении преобразованных значений на интервале $[0,1]$, что свидетельствует о корректности модели. Rossi and Sekhposyan (2019) разработали соответствующие критические значения для статистической проверки.

Итоговая сглаженная функция плотности позволяет количественно оценить инфляционный риск как вероятность превышения определенного порогового значения инфляции за заданный период. На иллюстрации к исследованию (Рис. 1) визуализируется этот подход, демонстрирующий как полученное распределение используется для оценки вероятности экстремальных ценовых изменений при различных сценариях развития экономических показателей.

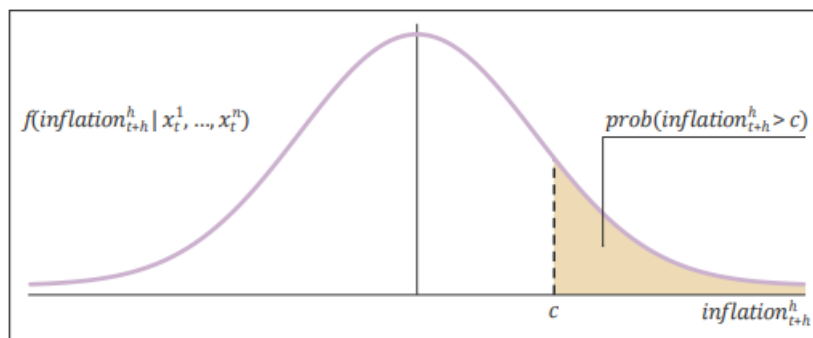


Рисунок 1 – Распределение инфляционного риска

2. Математические основы подтверждения гипотезы об эффекте переноса

Согласно анализу существующих исследований, механизм передачи колебаний валютного курса в инфляционные процессы в российской экономике может демонстрировать специфические закономерности. В рамках данного исследования проверяются две ключевые гипотезы, касающиеся особенностей этого механизма.

Первая гипотеза предполагает, что степень влияния изменений обменного курса на внутренние цены варьируется в зависимости от общего уровня инфляции. Конкретно, ожидается, что эффект переноса усиливается в условиях высокой инфляции, что проявляется в более значимых коэффициентах при моделировании верхних квантилей распределения ценовой динамики. При этом эффект остается неполным на всех уровнях инфляции, то есть изменения курса не полностью транслируются в цены.

Вторая гипотеза касается асимметрии реакции инфляции на различные направления движения курса. Предполагается, что ослабление национальной валюты оказывает более сильное воздействие на рост цен, чем ее укрепление. Эта асимметрия, согласно гипотезе, становится более выраженной в периоды высокой инфляции.

Для проверки первой гипотезы используется анализ коэффициентов при переменной валютного курса в уравнениях квантильной регрессии.

Подтверждением гипотезы служит положительная динамика значений этих коэффициентов при переходе к более высоким квантилям инфляции, при условии что их величина остается ниже единицы.

Исследование асимметрии эффекта переноса требует разделения единого ряда изменений курса на две составляющие: положительные (обесценение) и отрицательные (удорожание) приросты. Формально это реализуется через создание двух новых переменных, отражающих соответственно ослабление и укрепление рубля. Сравнение коэффициентов при этих переменных в различных квантилях позволяет количественно оценить степень асимметрии эффекта переноса и ее зависимость от уровня инфляции.

Предлагаемый методический подход позволяет не только проверить выдвинутые гипотезы, но и количественно оценить нелинейные взаимосвязи между валютным курсом и инфляцией в различных фазах экономического цикла, что имеет важное значение для разработки эффективных мер денежно-кредитной политики.

Заключение

В данном исследовании применен метод квантильной регрессии в сочетании с подходом локальных проекций для анализа влияния макроэкономических факторов на распределение будущих значений инфляции в России. Результаты показывают, что наибольший вклад в усиление инфляционных рисков на годовом горизонте вносят рост номинальной заработной платы и сокращение промышленного производства. На краткосрочных горизонтах (месяц) значимыми предикторами выступают текущая инфляция, динамика розничного товарооборота и ослабление национальной валюты.

Важным результатом работы стало выявление нелинейного характера передачи курсовых колебаний в потребительские цены. Установлено, что в условиях высокой инфляции ослабление рубля оказывает более сильное

воздействие на рост цен, чем его укрепление - на их снижение. При низкой инфляции наблюдается противоположная картина.

Практическая значимость исследования заключается в демонстрации ограниченной эффективности монетарной политики для сдерживания экстремальных инфляционных сценариев. Снижение риска критических значений инфляции требует более жестких мер процентной политики по сравнению с контролем среднего уровня цен. Наибольшая результативность может быть достигнута при реализации комплексных мер, включая управление инфляционными ожиданиями и повышение производственной эффективности.

Метод квантильной регрессии показал преимущества перед традиционными подходами, позволив выявить специфическое влияние факторов на различные участки инфляционного распределения. Однако использованная методика имеет ограничения, связанные с учетом взаимозависимости предикторов. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются разработка моделей квантильной векторной авторегрессии и создание инструментов для оперативного прогнозирования инфляционных рисков.

Полученные результаты могут быть использованы Банком России при разработке превентивных мер денежно-кредитной политики, направленных на сдерживание инфляционных рисков на различных временных горизонтах. Выявленные закономерности также важны для формирования комплексных программ экономической политики, сочетающих монетарные и структурные меры.

Список источников

1. Абрамов В., Морозов А., Синяков А., Стерхова А. О роли глобальных факторов в инфляции: аналитическая записка. – Москва: Банк России, 2022. URL:

https://www.cbr.ru/Content/Document/File/132962/analytic_note_20220215_di

p.pdf (дата обращения: 26.11.2024).

2. Андреев А. Исследование асимметрии и нелинейности переноса динамики обменного курса в инфляцию // Банк России. Серия докладов об экономических исследованиях. – 2019. – № 45. Хруничев Р. В. Прикладные статистические методы анализа : учеб. пособие. Рязань : Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2023. 80 с.
3. Перевышина Е., Егоров Д. Причины инфляции в России // Российское предпринимательство. – 2015. – Т. 16. – № 23. – С. 4261–4270. doi: 10.18334/rp.16.23.2160
4. Полбин А., Шумилов А. Прогнозирование инфляции в России с помощью TVP-модели с байесовским сжатием параметров // Вопросы статистики. – 2023. – Т. 30. – № 4. – С. 22–32. doi: 10.34023/2313-6383-2023-30-4-22-32
5. Пономарев Ю., Трунин П., Улюкаев А. Эффект переноса динамики обменного курса на цены в России // Вопросы экономики. – 2014. – № 3. – С. 21–35. doi: 10.32609/0042-8736-2014-3-21-35
6. Солонин С. И. Метод гистограмм : учеб. пособие. Екатеринбург : ЦНОТ ИТОО УрФУ, 2014. 97 с.
7. Астафьев, Р. У. Основные подходы к формированию математических и имитационных моделей на основе баз знаний в разработке программного обеспечения / Р. У. Астафьев // Computational Nanotechnology. – 2024. – Т. 11, № S5. – С. 142-151. – DOI 10.33693/2313-223X-2024-11-5-142-151. – EDN CCLNZK.
8. Астафьев, Р. У. Подходы к анализу качества электронных образовательных сред / Р. У. Астафьев // Индустриальное программирование - 2024 : сборник докладов международной научно-практической конференции, Москва, 04–05 апреля 2024 года. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2024. – С. 14-15. – EDN LBZNOP.

9. Сидоров, А. А. Формулы вычисления рациональных интегралов для некрatных корней / А. А. Сидоров // Инновационные технологии в электронике и приборостроении : сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием Физико-технологического института РТУ МИРЭА, Москва, 16–17 апреля 2020 года. Том 1. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2020. – С. 294-297. – EDN HJECVV.
10. Сидоров, А. А. Формулы вычисления рациональных интегралов для некрatных корней. Часть 2 / А. А. Сидоров // Инновационные технологии в электронике и приборостроении : сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием Физико-технологического института РТУ МИРЭА, Москва, 16–17 апреля 2020 года. Том 1. – Москва: МИРЭА - Российский технологический университет, 2020. – С. 298-301. – EDN TLYSRZ.
11. SIDOROV Andrei, 2024, THE IMPACT OF ANNOUNCEMENTS ON CRYPTOCURRENCY PRICES, Revista Economică, Lucian Blaga University of Sibiu, Faculty of Economic Sciences, vol.76(4), pages 69-94, December. DOI: <https://doi.org/10.56043/reveco-2024-0035>

References

1. Abramov V., Morozov A., Sinyakov A., Sterxova A. O roli global`ny`x faktorov v inflyacii: analiticheskaya zapiska. – Moskva: Bank Rossii, 2022. URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/132962/analytic_note_20220215_dip.pdf (data obrashheniya: 26.11.2024).
2. Andreev A. Issledovanie asimmetrii i nelinejnosti perenosa dinamiki obmennogo kursa v inflyaciyu // Bank Rossii. Seriya dokladov ob e`konomicheskix issledovaniyax. – 2019. – № 45. Xrunichev R. V. Prikladny`e statisticheskie metody` analiza : ucheb. posobie. Ryazan` : Ryazan. gos. radiotexn. un-t, 2023. 80 s.

3. Perevy`shina E., Egorov D. Prichiny` inflyacii v Rossii // Rossijskoe predprinimatel`-stvo. – 2015. – T. 16. – № 23. – S. 4261–4270. doi: 10.18334/rp.16.23.2160
4. Polbin A., Shumilov A. Prognozirovanie inflyacii v Rossii s pomoshh`yu TVP-modeli s bajesovskim szhatiem parametrov // Voprosy` statistiki. – 2023. – T. 30. – № 4. – S. 22–32. doi: 10.34023/2313-6383-2023-30-4-22-32
5. Ponomarev Yu., Trunin P., Ulyukaev A. E`ffekt perenosa dinamiki obmennogo kursa na ceny` v Rossii // Voprosy` e`konomiki. – 2014. – № 3. – S. 21–35. doi: 10.32609/0042-8736-2014-3-21-35
6. Solonin S. I. Metod gistogramm : ucheb. posobie. Ekaterinburg : CzNOT ITOO UrFU, 2014. 97 s.
7. Astaf`ev, R. U. Osnovny`e podxody` k formirovaniyu matematicheskix i imitacionny`x modelej na osnove baz znanij v razrabotke programmogo obespecheniya / R. U. Astaf`ev // Computational Nanotechnology. – 2024. – T. 11, № S5. – S. 142-151. – DOI 10.33693/2313-223X-2024-11-5-142-151. – EDN CCLNZK.
8. Astaf`ev, R. U. Podxody` k analizu kachestva e`lektronny`x obrazovatel`ny`x sred / R. U. Astaf`ev // Industrial`noe programmirovanie - 2024 : sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 04–05 aprelya 2024 goda. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2024. – S. 14-15. – EDN LBZNOP.
9. Sidorov, A. A. Formuly` vy`chisleniya racional`ny`x integralov dlya nekratny`x kornej / A. A. Sidorov // Innovacionny`e texnologii v e`lektronike i priborostroenii : sbornik dokladov Rossijskoj nauchno-texnicheskoy konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem Fiziko-texnologicheskogo instituta RTU MIRE`A, Moskva, 16–17 aprelya 2020 goda. Tom 1. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2020. – S. 294-297. – EDN HJECCV.
10. Sidorov, A. A. Formuly` vy`chisleniya racional`ny`x integralov dlya nekratny`x kornej. Chast` 2 / A. A. Sidorov // Innovacionny`e texnologii v

e`lektronike i priborostroenii : sbornik dokladov Rossijskoj nauchno-texnicheskoj konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem Fiziko-texnologicheskogo instituta RTU MIRE`A, Moskva, 16–17 aprelya 2020 goda. Tom 1. – Moskva: MIRE`A - Rossijskij texnologicheskij universitet, 2020. – S. 298-301. – EDN TLYSRZ.

11. SIDOROV Andrei, 2024, THE IMPACT OF ANNOUNCEMENTS ON CRYPTOCURRENCY PRICES, Revista Economică, Lucian Blaga University of Sibiu, Faculty of Economic Sciences, vol.76(4), pages 69-94, December.

DOI: <https://doi.org/10.56043/reveco-2024-0035>

© Параскевопуло О.Р., Гельмиярова В.Н., Свищёва А.Л., Манаенкова Т.А., 2025. Московский экономический журнал, 2025, № 10.