

Стресс-тестирование в статистическом моделировании деловой активности в условиях шоков конъюнктуры

Инна Сергеевна Лола,

Антон Борисович Мануков,

Мурат Булатович Бакеев

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

Авторами предложена оригинальная методика стресс-тестирования в статистическом моделировании деловой активности на основе результатов конъюнктурных обследований для изучения возможных сценариев развития, спровоцированной внешними непредвиденными шоками со стороны спроса и предложения, как в случае с пандемией COVID-19. Кроме того, в статье представлен обзор существующих подходов в области стресс-тестирования и построения стресс-индексов с акцентом на методах, базирующихся на моделях векторной авторегрессии и их различных модификациях. Таким образом, целью статьи является адаптация существующих методик макроуровневого стресс-тестирования для их использования на базе результатов конъюнктурных обследований.

Основой для эмпирических расчетов являются данные конъюнктурных опросов руководителей российских предприятий обрабатывающей промышленности, отражающие их совокупные оценки сложившегося состояния деловой активности. Используемые в статье методы включают: во-первых, формирование на базе результатов конъюнктурных обследований с 2008 г. по март 2020 г. четырех композитных индексов, отражающих различные аспекты деловой активности предприятий (индекса спроса, индекса производства, индекса финансов и индекса занятости); во-вторых, построение модели BVAR (Bayesian Vector Autoregression) и ее применение для изучения и сравнения различных прогнозных сценариев реакций индексов на шоки конъюнктуры.

В результате исследования были получены прогнозы динамики индексов как реакции на четыре возможных шоковых сценария: кратковременный, V-, W-, и U-образный. При этом для каждого из сценариев представлены случаи шока со стороны спроса, производства и их одновременного воздействия.

Выводы на основе результатов данного исследования указывают на ключевую роль спроса в динамике всех рассматриваемых индексов и на сравнительно большую чувствительность индекса занятости по отношению к индексу спроса и индекса финансов по отношению к индексу производства. W-образный шок оказался наименее из четырех рассмотренных сценариев.

Ключевые слова: стресс-тестирование, конъюнктурные обследования, сценарный анализ, промышленность, модель векторной авторегрессии, байесовские методы, COVID-19.

JEL: C32, E27, E37, G17.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2020-27-4-5-23>.

Для цитирования: Лола И.С., Мануков А.Б., Бакеев М.Б. Стресс-тестирование в статистическом моделировании деловой активности в условиях шоков конъюнктуры. Вопросы статистики. 2020;27(4):5-23.

Stress Testing in Statistical Modeling of Business Activity in Conditions of Market Shocks

Inna S. Lola,

Anton B. Manukov,

Murat B. Bakeev

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

The authors proposed an original method of stress testing in statistical modeling of business activity based on the results of business tendency surveys to study possible scenarios for the development triggered by external unforeseen supply and demand shocks, as in the case of the COVID-19 pandemic. The article also provides an overview of existing approaches in the field of stress testing and the construction of stress indices with an emphasis on methods based on vector autoregressive models and their various modifications. Thus, the article aims to adapt existing methods of macro-level stress testing for their use based on the results of business tendency surveys.

The basis for empirical calculations was the data from business tendency surveys of the leaders of Russian manufacturing enterprises, reflecting their combined estimates of the current state of business activity. The methods used in the article included: firstly, the formation of four composite indices based on the results of business tendency surveys from 2008 to March 2020, reflecting various aspects of business activity of enterprises (demand index, production index, financial index and employment index); secondly, the construction of the BVAR (Bayesian vector autoregression) model and its application for studying and comparing various forecast scenarios of index reactions to market shocks.

The results of the study, forecasts of the dynamics of indices were obtained as a reaction to four possible shock scenarios: short-term, V-, W-, and U-shaped. Moreover, for each of the scenarios, cases of shocks from the side of demand, production and their simultaneous impact are presented.

The conclusions based on the results of this study point to the key role of demand in the dynamics of all the considered indices and to the relatively greater sensitivity of the employment index in relation to the demand index and the finance index in relation to the production index. W-shaped shock was the worst of the four scenarios considered.

Conclusions based on the study results indicate the vital role of demand in the dynamics of all the indices under consideration, the W-shaped shock, as the worst of the considered scenarios, as well as the relatively higher sensitivity of the employment index to the demand index and the finance index to the production index.

Keywords: stress testing, business tendency studies, scenario analysis, manufacturing, vector autoregressive model, Bayesian methods, COVID-19.

JEL: C32, E27, E37, G17.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2020-27-4-5-23>.

For citation: Lola I.S., Manukov A.B., Bakeev M.B. Stress Testing in Statistical Modeling of Business Activity in Conditions of Market Shocks. *Voprosy Statistiki*. 2020;27(4):5-23. (In Russ.)

Введение

Возникшая в 2020 г. пандемия коронавирусной инфекции COVID-19 стала для мировой экономики наиболее существенным потрясением после финансового кризиса 2008 г. Применяемые для сдерживания дальнейшего распространения вируса меры «замораживают» производства, создавая проблемы для функционирования цепей поставок, и ведут к значительному спаду потребления, что свидетельствует о сочетании элементов шока как со стороны спроса, так и предложения [1 и 2].

Согласно прогнозу Международного Валютного Фонда, в 2020 г. ожидается падение реального ВВП России на 6,6%¹. В то же время, по оценкам международной компании McKinsey, снижение конечного потребления в России может составить от 4,9 до 10,5 трлн рублей². Отрасли, ориентированные на конечный спрос, страдают от кризиса в наибольшей степени. Сильнее всего ущерб ощущается в секторе услуг, розничной и оптовой торговле, промышленности и финансовом секторе³.

В течение последнего десятилетия состояние экономической конъюнктуры в России характеризовалось повышенным уровнем неопределенности, с которой сталкиваются экономические агенты, и большим количеством масштабных непредсказуемых шоков различной природы. Во многом это отличало Россию от развитых стран, где в основном сохранялся общий тренд на снижение амплитуды колебаний делового цикла и финансовый кризис конца 2000-х годов был единственным значимым потрясением, шедшим вразрез с данным трендом.

Один из ключевых выводов опыта конца 2000-х годов заключается в том, что прогнозирование кризисов *ex ante* по-прежнему является чрезвычайно трудной задачей, усложняющейся тем, что кризисы часто запускаются качественно различающимися триггерами и принимают разные формы. Огромный масштаб текущего шока становится дополнительным препятствием. Например, нынешняя ситуация уже превзошла самый худший сценарий, предусмотренный в прогнозе ОЭСР от 2 марта 2020 г.⁴. Тем не менее сценарное

¹ IMF. World Economic Outlook Update, June 2020. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/06/24/WEOUpdateJune2020>.

² РБК. Экономисты допустили падение экономики России ниже уровня 2011 года. URL: <https://www.rbc.ru/economics/10/04/2020/5e8f108f9a794727b206ba88>.

³ Dun & Bradstreet. Business Impact of the Coronavirus: Business and Supply Chain Analysis Due to the Coronavirus Outbreak. Special Briefing, 2020. URL: https://www.dnb.com/content/dam/english/economic-and-industry-insight/DNB_Business_Impact_of_the_Coronavirus_US.pdf.

⁴ OECD. Tackling coronavirus (COVID-19): Contributing to a global effort. URL: <http://www.oecd.org/coronavirus/en/>.

прогнозирование остается важным инструментом наблюдения за экономической ситуацией - даже при необходимости корректировки сценариев по мере ее изменения и получения доступа к новым данным.

На наш взгляд, высокий уровень неопределенности, связанный с текущим кризисом, требует мультиинструментального подхода, базирующегося на задействовании различных статистических методик при проработке прогнозов. Наряду с традиционными для макроэкономики методами, с нашей точки зрения, в эконометрическом моделировании реальных деловых циклов с целью принятия оперативных решений во время кризиса могут использоваться данные конъюнктурных обследований, которые становятся доступными пользователям раньше таких количественных агрегатов, как ВВП. «Мягкие» индикаторы конъюнктурных обследований и построенные на их основе композитные индексы могут служить максимально чувствительным инструментом для выявления новых «черных лебедей» (в терминологии теории Н. Талеба) с серьезными потенциальными последствиями для экономики, а также проследить пути распространения уже произошедших шоков в режиме реального времени.

Цель нашего исследования состоит в том, чтобы определить возможности применения методики стресс-тестирования для исследования и прогнозирования деловой активности с привлечением данных конъюнктурных обследований в условиях непредвиденных экономических шоков. На основе показателей конъюнктурного мониторинга строятся композитные индексы, отражающие совокупные мнения и оценки предпринимательского сообщества в промышленном секторе относительно текущей и ожидаемой в ближайшем будущем экономической ситуации с точки зрения состояния спроса, производства, финансов компании и занятости. Опираясь на методологию сценарного подхода в стресс-тестировании и анализ временных рядов с помощью байесовской модели векторной авторегрессии (Bayesian Vector Autoregression, BVAR), мы моделируем возможную реакцию экономики на шоки в области спроса и производства в зависимости от будущего развития кризисной ситуации, обусловленной пандемией. Предлагаемая методика может служить как альтернативным источником

информации, так и инструментом раннего реагирования и дополнять существующие на базе количественных данных методы макроуровневого стресс-тестирования.

Применяемое нами стресс-тестирование с расчетом композитных индексов, отражающих экономическую ситуацию в отрасли, можно рассматривать в качестве альтернативы анализу с помощью стресс-индексов, индексов устойчивости, индексов экономического потенциала. Между стресс-тестами и индексами существует ряд важных различий, обусловленных разной ролью этих инструментов в экономическом анализе. В частности, стресс-тестирование дает более четкое представление о потенциальном ущербе от шоков, в то время как индексы измеряют текущее состояние системы. Таким образом, стресс-тесты и индексы во многом являются взаимодополняющими методами, представляя собой совместимые альтернативные подходы.

Стресс-тестирование и стресс-индексы: обзор подходов

Методы стресс-тестирования наиболее распространены в финансовых исследованиях, хотя имеют более широкий потенциал для применения, будучи способом оценки устойчивости объекта в неблагоприятных условиях. Подходы в рамках стресс-тестирования так или иначе предполагают моделирование стрессовых событий и измерение их негативных воздействий на изучаемый объект, из чего делаются выводы о его способности противостоять внешним шокам.

Традиционной сферой применения стресс-тестирования является анализ эффективности определенных портфелей и оценка устойчивости отдельных финансовых учреждений - прежде всего банковских⁵. Наряду с банковскими организациями, стресс-тесты используются для анализа устойчивости экономической ситуации в страховых компаниях [3], пенсионных фондах и других финансовых организациях. После мирового экономического кризиса 2008 г. приобрели популярность макроуровневые стресс-тесты, используемые для оценки стабильности финансовой системы в целом в рамках макропруденциального анализа [4].

Стресс-тесты всегда базируются на четырех основных элементах. Во-первых, они включают

⁵ Basel Committee on Banking Supervision. Stress testing principles. October 2018. URL: <https://www.bis.org/bcbs/publ/d450.pdf>.

набор рисков, устойчивость по отношению к которым проверяется в ходе стресс-тестирования. Во-вторых, на основе данных рисков задаются потенциальные экзогенные шоки, выражающие стрессовые сценарии. В-третьих, строится модель, отображающая воздействие этих шоков на изучаемый объект и распространение стрессовых импульсов в исследуемой системе. В-четвертых, стресс-тестирование включает индикаторы, измеряющие степень воздействия и позволяющие сформулировать итоговые результаты анализа.

Важность макроуровневых стресс-тестов в условиях кризисной динамики обусловлена не только тем, что они могут быть использованы для выявления уязвимостей в спокойное время, тем самым действуя в качестве инструментов раннего реагирования, но и возможностью их применения при принятии решений уже после наступления кризисных событий в условиях повышенной неопределенности и необходимости оперативного управления.

Существующие стресс-тесты имеют разные формы. Обладая многими общими чертами, они представляют собой скорее набор схожих аналитических инструментов, нежели единый инструмент для анализа. Стресс-тесты можно разделить на два основных типа:

- применяемые для анализа чувствительности, при помощи которого мы стремимся определить реакцию интересующих нас индикаторов на изменения в отражающих уровень риска экономических переменных;

- используемые для сценарного анализа, основанного на исследовании устойчивости объекта при происшествии некоторого чрезвычайного, но правдоподобного стрессового сценария или сценариев.

По сравнению с финансовыми организациями для оценки рисков в компаниях реального сектора стресс-тестирование применяется в значительно меньшей степени [5]. В то же время сами возможности метода не препятствуют его использованию для изучения более широкого спектра рисков, а не только финансовых. При этом существуют различные подходы: с одной стороны, анализ с акцентом на стратегическом планировании на уровне отдельных организаций⁶ и, с другой сторо-

ны, макроуровневые стресс-тесты, опирающиеся на анализ системных взаимосвязей.

В финансовой сфере в рамках стресс-тестирования, как правило, применяются модели расчета стоимости под риском (value at risk, VaR), используемые для оценки остаточных рисков в портфеле при наличии эффекта «тяжелых хвостов», из-за которого стандартные методики могут вести к занижению истинного значения остаточного риска [6].

В последнее время данная методика распространилась и в макроэкономике. Например, К. Бушер и Б. Майе, используя квантильные регрессии, оценили стоимость под риском для ВВП США и спрогнозировали будущие значения показателей роста промышленного производства [7]. Подобное применение квантильной регрессии подчеркивает важность учета выбросов и нелинейности в данных, которые игнорируются в стандартном регрессионном анализе. Выбросы связаны с экстремальными событиями и, несомненно, предоставляют ценную информацию для моделирования и прогнозирования аналогичных событий в будущем. Это подтверждается результатами Ф. Коваса и соавторов [8], использующих квантильные авторегрессионные модели с фиксированным эффектом для захвата нелинейной динамики потерь и доходов банков, а также для прогнозирования дефицита капитала.

Наряду с квантильными регрессиями, для структурного моделирования могут применяться более традиционные подходы. Мы опираемся на литературу, в которой для стресс-тестирования используются модели типа VAR. Например, авторы работы [9] предлагают линейную модель VAR, чтобы проследить динамические взаимосвязи между показателями соотношения операций записи и выдачи кредитов в банках и основными макроэкономическими переменными. М. Дрехманн и соавторы [10] используют VAR с аппроксимациями третьего порядка для изучения динамики корпоративных дефолтов и макроэкономических переменных, а также метод локальных прогнозов для изучения соответствующих импульсных характеристик.

Существует активная область эмпирических исследований с применением нелинейных моделей типа VAR. Так, К. Симс и Т. Жа [11] исполь-

⁶ Heiligtag S., Maurenbrecher S., Niemann N. From Scenario Planning to Stress Testing: The Next Step for Energy Companies. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/risk/our-insights/from-scenario-planning-to-stress-testing-the-next-step-for-energy-companies>.

зуют многовариантную модель переключения режимов для денежно-кредитной политики США в структуре VAR. Взаимодействие инфляционных ожиданий и номинальных и реальных макроэкономических переменных в Великобритании после Второй мировой войны было исследовано А. Барнетт и соавторами [12] с использованием MSVAR (Markov-Switching VAR). Результаты показывают, что влияние шоков на инфляционные ожидания и реальную инфляцию изменилось после 1970-х годов; аналогичные выводы были получены для шоков цен на нефть и шоков со стороны реального спроса.

С. Маллик и соавторы [13] использовали байесовскую векторную авторегрессионную модель (BVAR) для изучения реальных эффектов финансового стресса, показав, что неожиданное изменение финансового стресса приводит к значительному росту колебаний объемов производства. Прогнозные свойства моделей BVAR были успешно апробированы на российских данных [14].

Таким образом, модели структуры VAR могут быть успешно использованы в макроуровневом стресс-тестировании и предоставляют полезную информацию для калибровки сценариев макронапряжений, а также для определения масштабов рисков, обусловленных структурными шоками. Тем не менее задействованная в исследовании методика во многом является экспериментальной: хотя данные конъюнктурных обследований активно применяются в структурных экономических моделях, подход стресс-тестирования с их использованием пока не был широко представлен в литературе.

Как и в случае со стресс-тестированием, главной сферой применения методики стресс-индексов остаются финансы. В подавляющем большинстве случаев речь идет об индексе финансового стресса (ИФС), который выступает в качестве показателя тяжести финансовых кризисов, усиливающейся вследствие роста хрупкости финансовых систем и экзогенных шоков. М. Иллинг и Й. Лю [15] рассматривают финансовый стресс через неопределенность и ожидания различных потерь на финансовых рынках, с которыми сталкиваются экономические агенты. Другие

авторы разработали свои собственные версии ИФС, например К. Хаккио и В. Китон [16] - для Федерального резервного банка Канзас-Сити; Д. Холло и соавторы [17] - для европейских рынков; М. Мисина и Г. Ткач [18] - для отдельных стран с развитой экономикой; М. Ю и соавторы [19] - для денежно-кредитного управления Гонконга. Кроме того, такие международные организации и частные финансовые институты, как Международный валютный фонд, Организация экономического сотрудничества и развития, Банк международных расчетов, Goldman Sachs, Bloomberg и Citigroup, разработали ИФС, для того чтобы иметь доступ к индикаторам раннего предупреждения.

Использование ИФС имеет преимущества для монетарных властей и органов финансового регулирования и надзора с той точки зрения, что ИФС объединяют различные индикаторы состояния финансового рынка в общий индекс для измерения совокупного стресса на финансовом рынке, тем самым устраняя зависимость от одного или нескольких узких индикаторов при оценке рисков. Стоит отметить, что ИФС могут применяться и за пределами финансового рынка: так, рассчитываемый Институтом «Центр развития» НИУ ВШЭ ежедневный экономический стресс-индекс DESI включает индикаторы, характеризующие ситуацию на товарных, валютных, денежных и фондовых рынках, а также в банковском и реальном секторах российской экономики⁷. Рассчитываемые в 2020 г. в Центре конъюнктурных исследований Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ индексы рискоустойчивости⁸ и бизнес-потенциала⁹ отраслей промышленности представляют собой похожие на стресс-индексы измерители, базирующиеся на данных конъюнктурных обследований.

Большой раздел литературы об ИФС посвящен исследованию связи между финансовым стрессом и экономической активностью. Например, Т. Дэвиг и К. Хаккио [20] обнаружили, что экономика США колеблется между эпизодами низкого финансового стресса и высокой экономической активности, а затем - высокого финансового

⁷ URL: <https://dcenter.hse.ru/desi>.

⁸ Лола И.С., Бакеев М.Б. Индекс рискоустойчивости отраслей промышленности - март 2020 г. НИУ ВШЭ, 2020. URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/359814546.pdf>.

⁹ Лола И.С., Мануков А.Б. Индекс бизнес-потенциала отраслей промышленности - июнь 2020 г. НИУ ВШЭ, 2020. URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/380308370.pdf>.

стресса и низкой экономической активности. Другие работы в этой области посвящены вкладу индекса финансового стресса в улучшение прогнозов экономической активности. Так, Т. Нг [21] показал, что использование ИФС позволяет получать более точные прогнозы уровня промышленного производства в США на горизонте двух-четырёх кварталов.

Несмотря на разрушительные последствия кризиса, особенно в странах с формирующейся рыночной экономикой, не всегда легко проследить нарастание полномасштабных экономических проблем. Как показывает практика, ИФС и стресс-индексы в целом могут помочь при прогнозировании надвигающихся экономических потрясений. Однако уже в условиях протекающего кризиса более релевантным представляется стресс-тестирование, позволяющее проработать будущие сценарии выхода из кризиса и восстановления экономики.

Эмпирическая база

В качестве временных рядов для моделей были выбраны специально рассчитанные композитные индексы, построенные на основе результатов ежемесячных конъюнктурных обследований промышленных предприятий России, в регулярном режиме проводимых Росстатом. Компонентами индексов выступали балансы¹⁰ текущих оценок и ожиданий респондентов относительно динамики показателей обследования, обладающих проциклическими параметрами.

В настоящем исследовании общая совокупность единиц наблюдения представлена более 3000 крупных и средних обрабатывающих предприятий из 82 субъектов Российской Федерации. Для анализа в рамках настоящего исследования были отобраны предприятия сектора обрабатывающей промышленности (раздел С ОКВЭД2). Выборочная совокупность репрезентативна по всем единицам наблюдения, многомерна, стратифицирована, является представительной по основным экономическим параметрам российской обрабатывающей промышленности.

¹⁰ Баланс - разность долей респондентов, отметивших «увеличение» и «уменьшение» показателя по сравнению с предыдущим периодом, или разность долей респондентов, отметивших уровень показателя как «выше нормального» и «ниже нормального» в отчетном периоде; в процентах («нормальный» уровень - достаточный, допустимый, приоритетный для сложившихся условий в период проведения обследования).

В прогнозной модели были задействованы специально разработанные следующие композитные индексы:

1. *Индекс спроса предприятий обрабатывающей промышленности.*
2. *Индекс производства предприятий обрабатывающей промышленности.*
3. *Индекс финансов предприятий обрабатывающей промышленности.*
4. *Индекс занятости предприятий обрабатывающей промышленности.*

Данные индексы рассчитывались с помощью метода главных компонент как «общий» фактор динамики соответствующих показателей обследований деловой активности в промышленности, гармонизированных с программой обследований в Европейском союзе. Показатели нормировались к значению 100. На рис. 1 представлена их динамика с 2008 г. Результаты продолжительных эмпирических исследований свидетельствуют о высокой адаптивности используемого алгоритма построения композитных индикаторов, основанного на международных рекомендациях ОЭСР, Европейской комиссии и российских экспертов.

Композитные индексы, построенные на базе непараметрической информации, обладают высокой устойчивостью и статистически значимой связью с соответствующими количественными макроагрегатами. Эмпирически доказана высокая корреляционная зависимость между временными рядами балансов оценок изменения показателей и количественными временными рядами, характеризующими темпы изменения этих показателей, что позволяет считать построенные индикаторы конъюнктурных обследований актуальным и надежным источником эмпирических данных и использовать их как в отраслевом макроэкономическом анализе и краткосрочном прогнозировании, так и в расчете композитных отраслевых индикаторов.

Визуальный анализ динамики временных рядов позволяет сделать предположение о наличии существенной взаимосвязи между рассматриваемыми индексами. С целью проверки данного

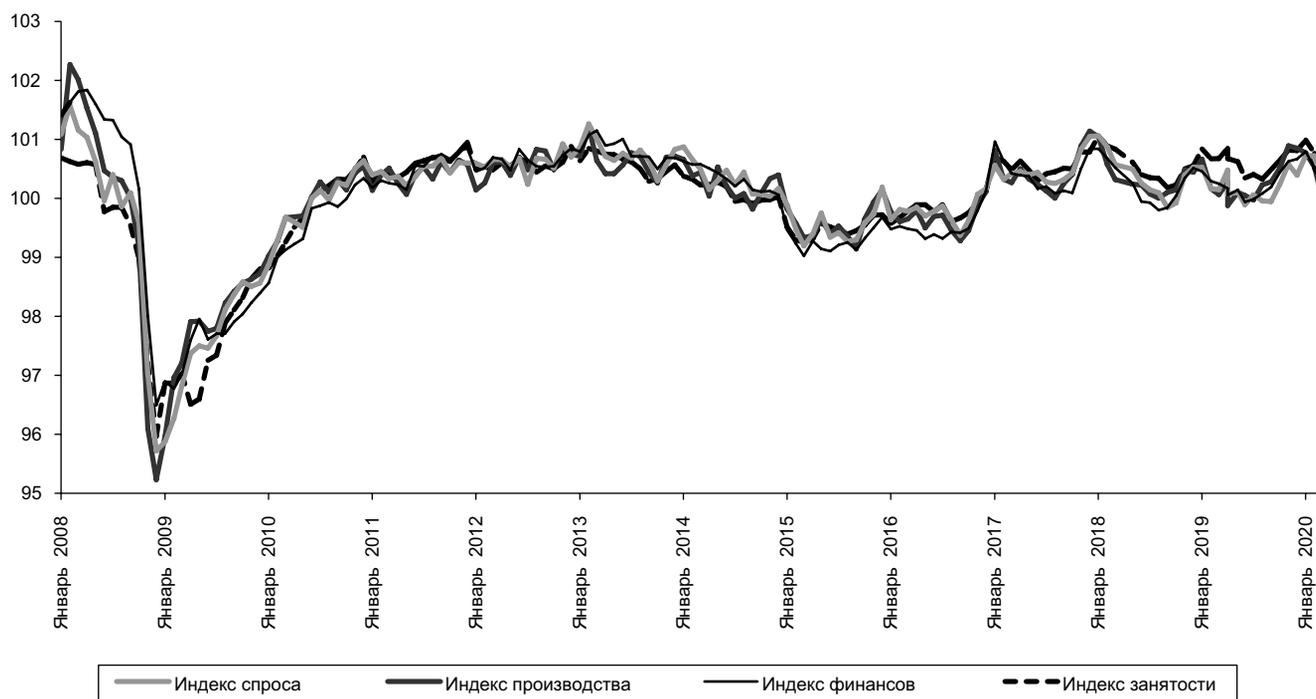


Рис. 1. Динамика индексов спроса, производства, финансов и занятости

Источник: этот и все рисунки далее построены по расчетам авторов.

предположения был проведен кросс-корреляционный анализ, результаты которого свидетельствуют о наличии статистически достоверной (на уровне значимости 0,01) устойчивой взаимосвязи между композитными индексами и соответствующими количественными макроагрегатами (например, индекс производства показал устойчивую взаимосвязь с ИФО ВВП с коэффициентом синхронной корреляции 0,9).

Методы исследования

В данном разделе представлены используемые для анализа статистические модели и результаты промежуточных тестов. Все приведенные далее в работе расчеты были выполнены с помощью статистического пакета EViews 10.

Стационарность исследуемых временных рядов является важным условием для построения адекватной VAR-модели, поэтому на первом этапе с помощью расширенного теста Дикки - Фуллера (ADF-test) был проведен анализ переменных на стационарность, результаты которого представлены в таблице 1. Согласно полученным значениям коэффициентов, все переменные, кроме индекса занятости, являются стационарными.

Таблица 1

Результаты проверки на стационарность

Переменная	t-статистика	Критическое значение	p-значение
Индекс спроса	-2,8814	-3,0915	0,0294
Индекс производства	-2,8814	-3,9074	0,0026
Индекс финансов	-2,8814	-3,1998	0,0220
Индекс занятости	-2,8814	-2,1623	0,2211

Источник: здесь и во всех таблицах далее представлены расчеты авторов.

С целью получения более полной и надежной информации о стационарности рассматриваемых рядов были также проведены тесты Нг - Перрона (NP) и Квятковского - Филлипса - Шмидта - Шина (KPSS), согласно результатам которых индекс занятости, как и все остальные рассматриваемые индексы, является стационарным рядом. Таким образом, временные ряды по переменным, отобранным для включения в модель, оказались стационарными по уровням, поэтому можно перейти к построению VAR-модели без ограничений.

В рамках построения модели VAR был определен порядок лага, при котором будут получены наиболее значимые результаты, и проверена ста-

ционарность модели в целом, а также рассмотрена декомпозиция волатильности и вычислены импульсные отклики.

Выбор числа лагов модели был произведен на основе информационного критерия Акаике (AIC). В таблице 2 приведены значения AIC в зависимости от количества лагов в модели. В качестве максимального количества лагов было взято значение «6» - в соответствии с опытом эмпирических исследований на основе ежемесячных данных [22]. Модели с оптимальным количеством лагов характеризуются наименьшим AIC. Таким образом, в нашем случае оптимальной является модель с шестью лагами ($p = 6$).

Модель была также проверена на стационарность: все корни лежат внутри единичной окружности, что удовлетворяет условию стационарности.

Таблица 2

Определение оптимального лага

Порядок лага	AIC
0	3,2195
1	-2,0940
2	-2,1636
3	-2,4166
4	-2,3218
5	-2,3671
6	-2,5942

Поскольку одна из задач нашей работы - анализ влияния шоков со стороны спроса (индекса спроса) и предложения (индекса производства) на индексы финансов и занятости, было проверено наличие соответствующих взаимосвязей в рамках модели, для чего был применен тест Грэнджера, результаты которого приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты теста Грэнджера

Гипотеза	Хи-квадрат	p-значение	Результат
Индекс производства зависит от индекса спроса	16,2303	0,0126	Принимается
Индекс финансов зависит от индекса производства	10,9603	0,0896	Принимается
Индекс финансов зависит от индекса спроса	10,2042	0,1163	Не дотягивает по уровню значимости
Индекс занятости зависит от индекса финансов	15,5435	0,0164	Принимается
Индекс занятости зависит от индекса производства	14,9879	0,0204	Принимается

Результаты тестирования всех гипотез, кроме одной, показывают, что p-значения составили менее 0,1, следовательно, на 10%-м уровне значимости принимаются гипотезы о наличии зависимости индексов занятости и финансов от индексов спроса и производства по Грэнджеру. Гипотеза о зависимости индекса финансов от индекса спроса не может быть принята, поскольку p-значение превышает 0,1; тем не менее значение близко к допустимому.

На базе идентичных переменных и определенного выше порядка лага мы строили стандартную VAR-модель и модель байесовской векторной авторегрессии - BVAR с априорным распределением Миннесоты. При построении BVAR мы, как и в [23], устанавливаем $\delta_i = 0$, поскольку все исследуемые ряды являются стационарными.

Модель VAR использовалась в рамках общей декомпозиции волатильности переменных модели и анализа импульсных откликов. Задача данного этапа заключалась в оценке влияния изменений индексов спроса и производства на индексы финансов и занятости. Декомпозиция волатильности последних двух переменных позволяет интерпретировать рассматриваемую модель VAR. Для декомпозиции волатильности, а также для ортогонализации импульсных откликов применялось разложение Холецкого. При рассмотрении декомпозиции волатильности индексов финансов и занятости использовалась следующая расстановка переменных: индекс спроса, индекс производства, индекс финансов, индекс занятости. Был выбран период два года (24 месяца).

Определив степень влияния индексов спроса и производства на индексы финансов и занятости в разные периоды, мы можем перейти к анализу импульсных откликов, цель которого заключается в отслеживании влияния колебаний одних эндогенных переменных на колебания других. Сам импульсный отклик определяется как процентное изменение эндогенной переменной, равное одному стандартному отклонению, в результате шока в случайных ошибках других эндогенных рядов [24]. Количество периодов, а также порядок переменных были выбраны по аналогии с тем, как это было сделано при декомпозиции волатильности.

Дальнейшим этапом исследования была разработка краткосрочного сценарного анализа. Мы рассматривали четыре сценария:

Сценарий № 1. Кратковременный шок с последующим быстрым восстановлением: негативный выброс, затем непродолжительная стагнация на этом уровне и последующее быстрое возвращение к нормальной динамике бизнес-цикла.

Сценарий № 2. Рецессия (V-образная динамика): негативный выброс, непродолжительная стагнация и медленное восстановление.

Сценарий № 3. Рецессия с повторным шоком (W-образная динамика): аналогично предыдущему сценарию, но после первого негативного выброса происходит второй и восстановление до предкризисного уровня затягивается.

Сценарий № 4. Длительная рецессия (U-образная динамика): негативный выброс и дальнейшее длительное падение показателей с последующей стагнацией и медленным восстановлением.

Для каждого из этих сценариев рассматривалось три возможных варианта возникновения шоков: шок со стороны спроса, шок со стороны производства и одновременный шок как со стороны спроса, так и производства.

На этом этапе мы выбирали между моделями VAR и BVAR. Их прогнозная эффективность сравнивалась с помощью псевдо вневыборочно-

го анализа с использованием метода статичного прогнозирования. Модели были рассчитаны на основе данных с января 2008 г. по декабрь 2014 г., в то время как прогнозы были построены на период с января 2015 г. по март 2020 г.

Для оценки и сравнения эффективности наших моделей BVAR и VAR были рассчитаны корни средних квадратических ошибок прогноза (root mean squared forecast error - RMSFE) как функции потерь. Чтобы определить, какая из моделей является более эффективной, были рассчитаны соотношения RMSFE между моделями (см. таблицу 4). Если соотношение меньше единицы, модель BVAR предпочтительнее модели VAR.

Таблица 4

Псевдо вневыборочный анализ

Отношение RMSFE BVAR к VAR	
Индекс спроса	0,7083
Индекс производства	0,7172
Индекс финансов	0,9173
Индекс занятости	0,8374

Поскольку значения отношений RMSFE BVAR-модели к VAR-модели для всех четырех включенных переменных меньше 1, можно сделать вывод о том, что BVAR является более эффективной моделью для прогнозирования, поэтому дальнейший сценарный анализ был проведен на ее основе.

В следующем разделе представлены результаты прогнозов при условии возникновения описанных выше негативных шоков, как если бы они были зафиксированы соответственно во II и IV кварталах 2019 г.

Результаты

Согласно данным, представленным в таблице 5, индекс спроса оказывает убывающее влияние на индекс финансов после достижения наибольшего значения в 1-м периоде.

Таблица 5

Декомпозиция волатильности индекса финансов с расстановкой переменных по методу Холецкого (индексов спроса, производства, финансов и занятости)

Шок	Максимальное влияние, в процентах (номер месяца)	Минимальное влияние, в процентах (номер месяца)	Поведение переменной
Со стороны спроса	67,0494 (1)	49,5411 (24)	После достижения пика в 1-м месяце влияние шока со стороны спроса на индекс финансов начинает плавно спадать
Со стороны производства	15,4847 (3)	6,5589 (1)	После достижения пика в 3-м месяце влияние шока со стороны производства на индекс финансов начинает плавно спадать

Это означает, что теоретический шок, который произойдет со стороны спроса, окажет сильнейшее воздействие на индекс финансов в 1-ом месяце. Одновременно индекс производства имеет возрастающее влияние на индекс финансов с 1-го по 3-й период и убывающее - с 4-го по 24-й. Иными

словами, возможный шок индекса производства окажет наибольшее влияние в 3-м месяце.

В свою очередь, как следует из таблицы 6, влияние индекса спроса на индекс занятости имеет возрастающую тенденцию с 1-го по 2-й период и убывающую - с 3-го по 22-й период.

Таблица 6

Декомпозиция волатильности индекса занятости с расстановкой переменных по методу Холецкого (индексов спроса, производства, финансов и занятости)

Шок	Максимальное влияние, в процентах (номер месяца)	Минимальное влияние, в процентах (номер месяца)	Поведение переменной
Со стороны спроса	58,7072 (2)	37,4124 (22)	После достижения пика во 2-м месяце влияние шока со стороны спроса на индекс занятости начинает плавно спадать
Со стороны производства	16,0852 (3)	9,2999 (24)	После достижения пика в 3-м месяце влияние шока со стороны производства на индекс занятости начинает плавно спадать

Это означает, что сильнейшее воздействие шока индекса спроса на индекс занятости будет наблюдаться во 2-м месяце. Аналогично влияние индекса производства на индекс занятости возрастает с 1-го по 3-й месяц и убывает с 4-го по 24-й, достигая наибольшего значения в 3-м месяце.

Обратимся к результатам сценарного анализа. Расчеты для сценария № 1 (краткосрочный шок) представлены на рис. 2 (шок со стороны производства) и рис. 3 (шок со стороны спроса). В целом расчеты показывают, что в этом случае происходит относительно незначительный ущерб и все ряды быстро восстанавливаются вместе с индексом, выступающим в качестве шокового триггера.

Шоковое падение индекса производства на 3 процентных пункта (п. п.) на пике отражается в отрицательном отклонении индекса спроса от нормальной траектории на 0,8 п. п., индекса финансов - на 0,6, индекса занятости - на 0,5 п. п.

В то же время эффект от аналогичного аномального падения индекса спроса чуть более слабый: индекс производства на пике падает по сравнению с реальными значениями на 0,4 п. п., индекс финансов - на 0,5, а индекс занятости - на 0,6 п. п.

В случае одновременного шока как со стороны спроса, так и предложения эффекты складываются и индексы занятости и финансов отрицательно отклоняются примерно на 1 п. п. на пике и затем также быстро восстанавливаются.

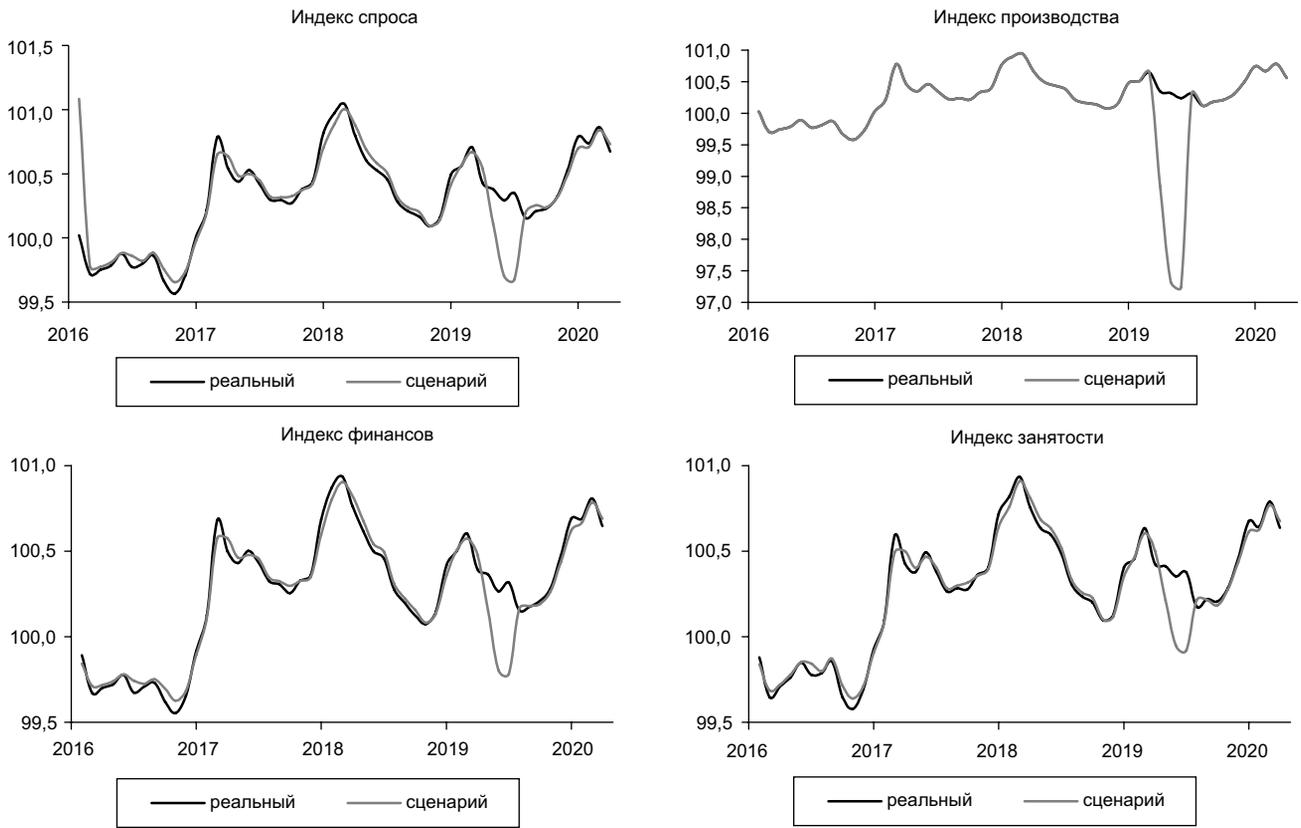


Рис. 2. Сценарий 1: шок со стороны производства

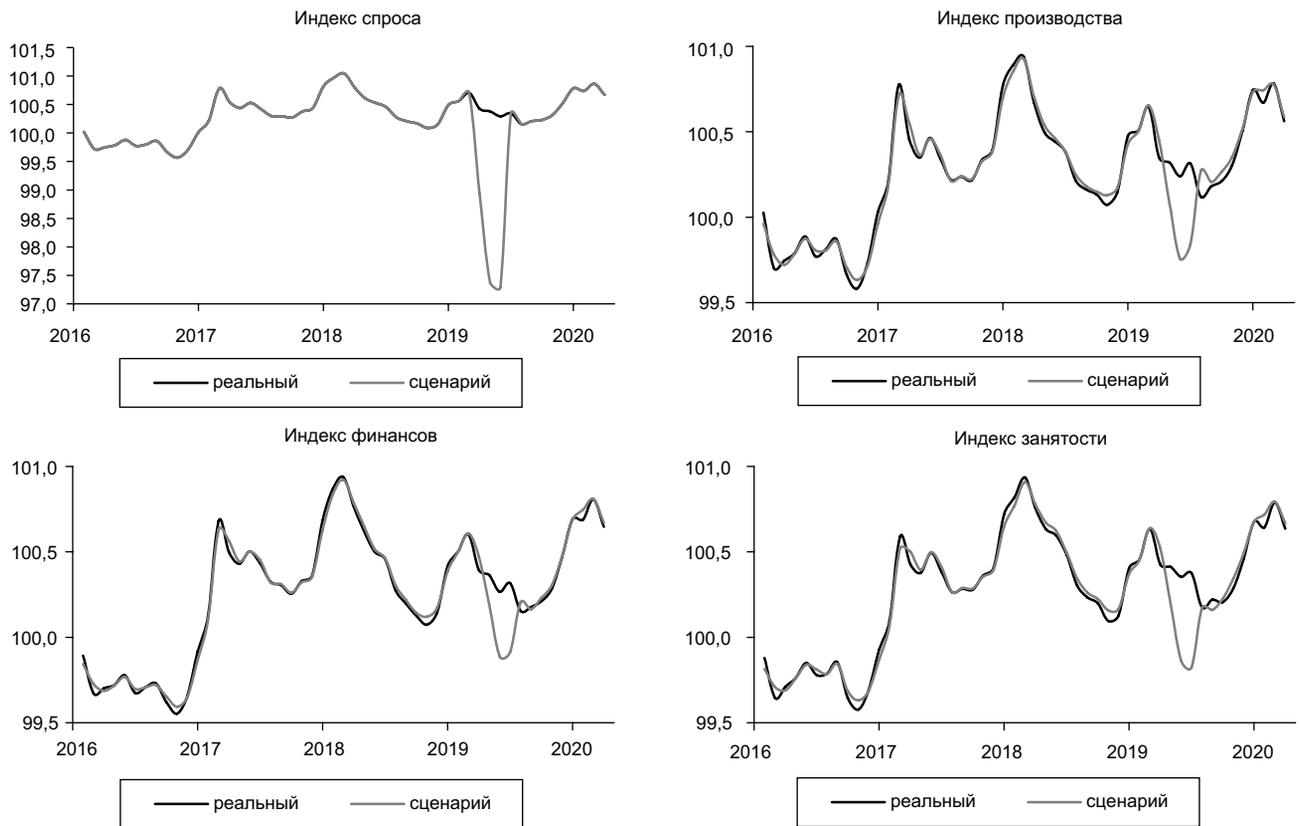


Рис. 3. Сценарий 1: шок со стороны спроса

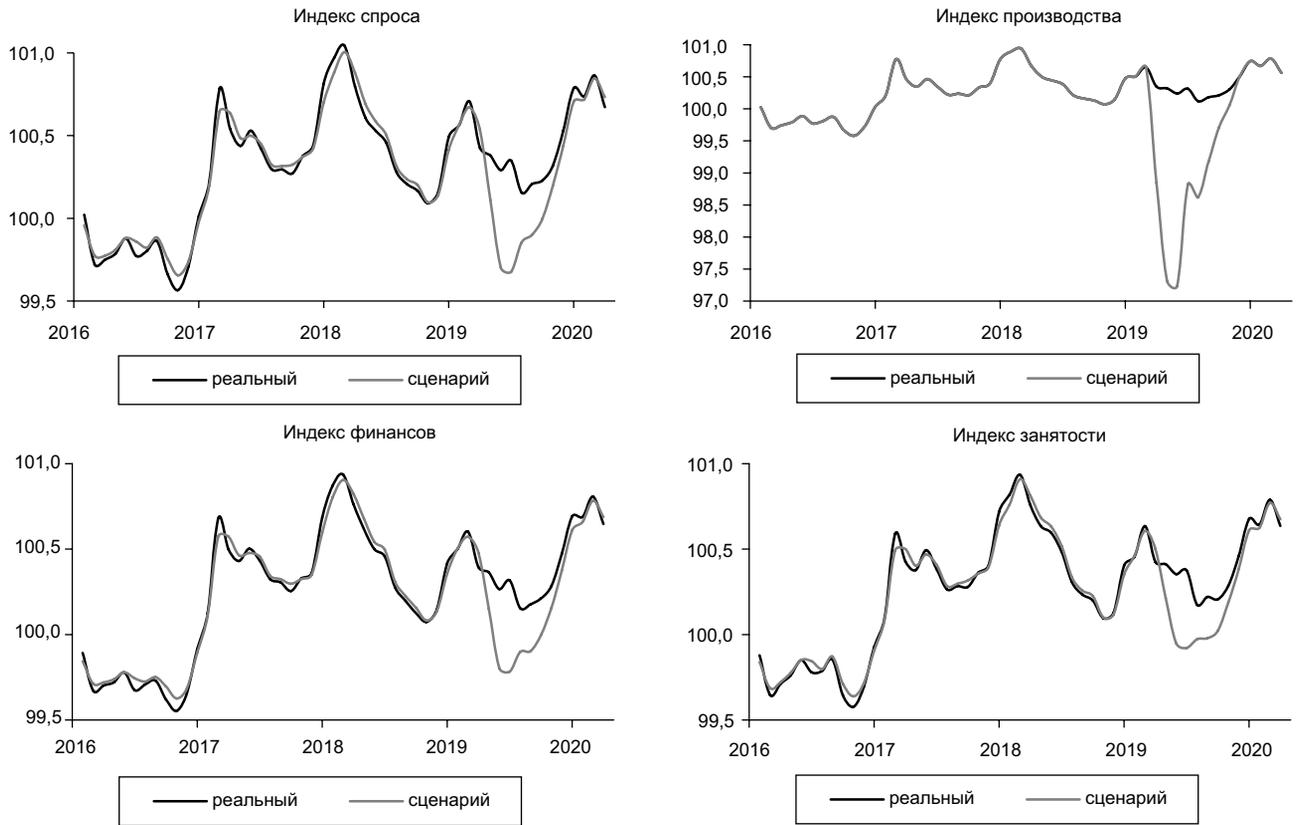


Рис. 4. Сценарий 2 (V): шок со стороны производства

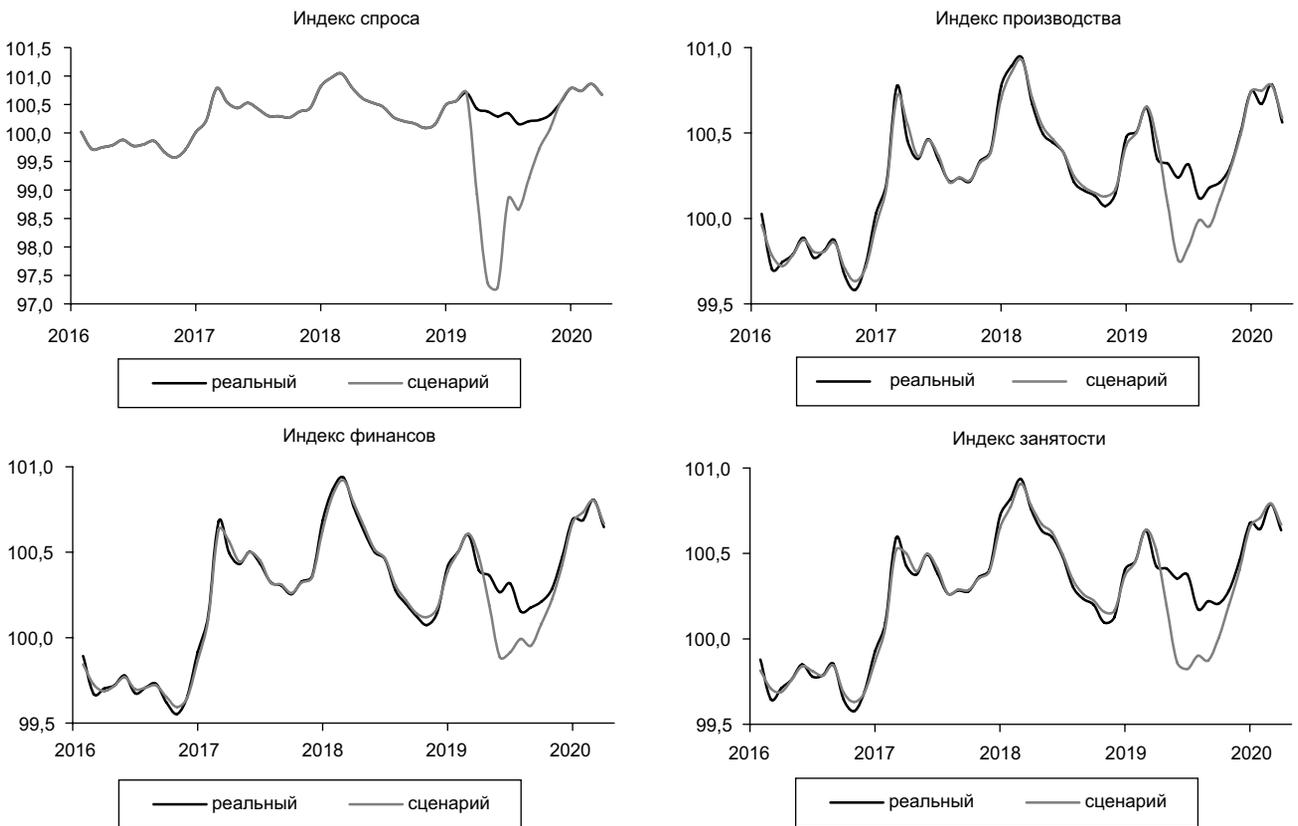


Рис. 5. Сценарий 2 (V): шок со стороны спроса

Анализ сценария № 2 (V-образная рецессия) позволяет выявить схожие тенденции (см. рис. 4 и 5).

Как и в случае со сценарием № 1, шок со стороны производства сильнее всего затрагивает спрос и слабее всего - занятость, индекс которой не сильно отклоняется от реальных значений. Падение индекса финансов при этом является довольно значительным (около 0,6 п. п. на пике).

Шок со стороны спроса отражается на индексе финансов в меньшей степени (около 0,4 п. п.) и слабо влияет на отклонение индекса производства. Сильнее всего его влияние заметно в отношении индекса занятости.

Если шоки со стороны производства и спроса воздействуют одновременно, то в течение квартала наблюдается схожее падение значений индексов финансов и занятости до 1 п. п. и затем происходит более длительное (по сравнению с единичными

шоками) их восстановление, окончательно наступающее только в самом конце года.

Сценарий № 3 похож на сценарий № 2 за тем исключением, что включает дополнительный шок, наступающий через полгода (см. рис. 6 и 7).

Подобная динамика индекса производства ведет к обвалу индекса спроса (на 3 п. п.) и последующему его медленному восстановлению до конца года уже без выраженной реакции на новый шок со стороны производства, ожидания которого, по всей видимости, уже отражены в изначальном падении. В случае с индексами финансов и занятости различимы отдельные реакции на шоки, при этом влияние на индекс финансов, падающий сначала на 0,8 п. п. и затем на 1 п. п., выражается достаточно сильно. Индекс занятости реагирует на шоки со стороны производства слабее, отклоняясь от реальных значений в случае обоих шоков примерно на 0,4 п. п.

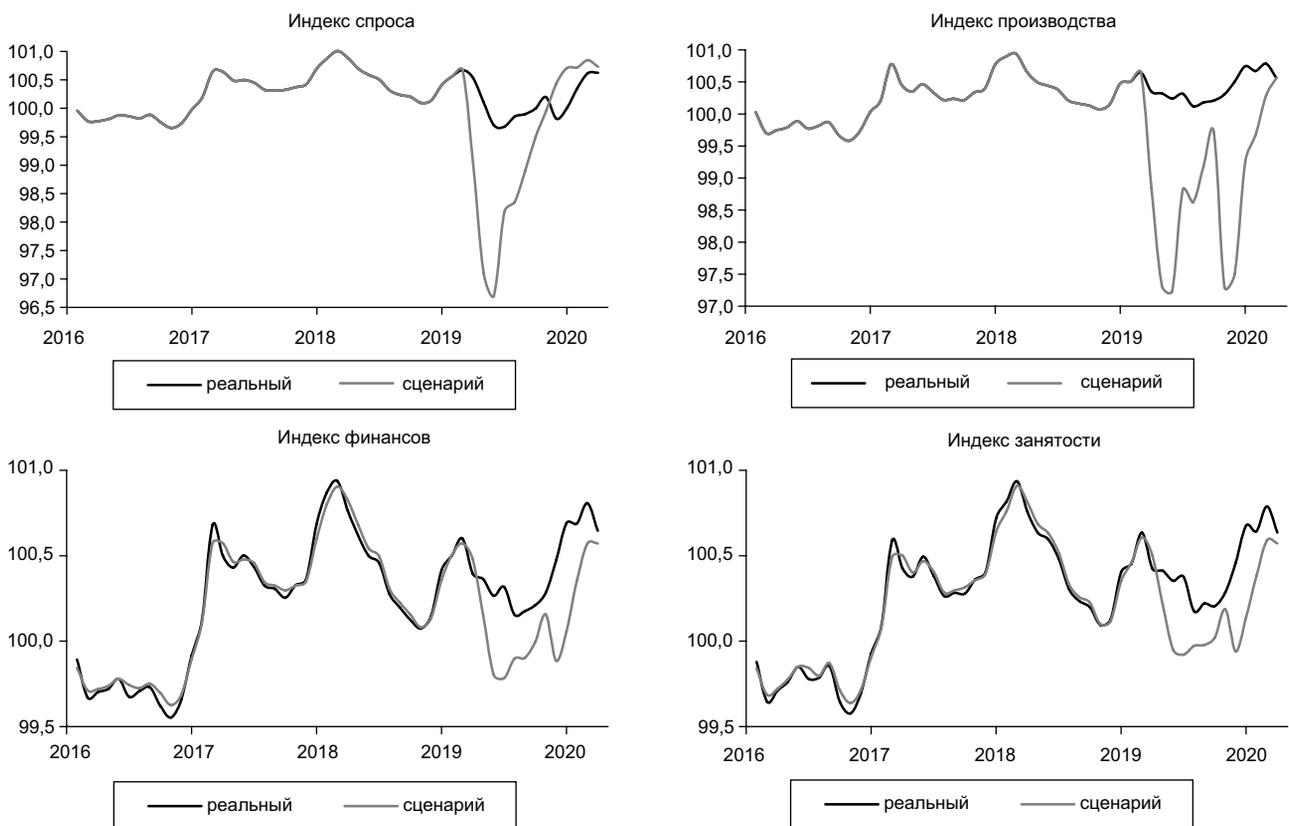


Рис. 6. Сценарий 3 (W): шок со стороны производства

Мощные шоки со стороны спроса держат индексы финансов и занятости в зоне значительных отрицательных отклонений (около 1 п. п.) и не дают им восстановиться вплоть до конца года. Падение индекса производства при этом практически такое же существен-

ное, однако его восстановление происходит быстрее.

При одновременных повторных шоках со стороны производства и спроса динамика индексов финансов и занятости принципиально не отличается от того, что представлено на рис. 7.

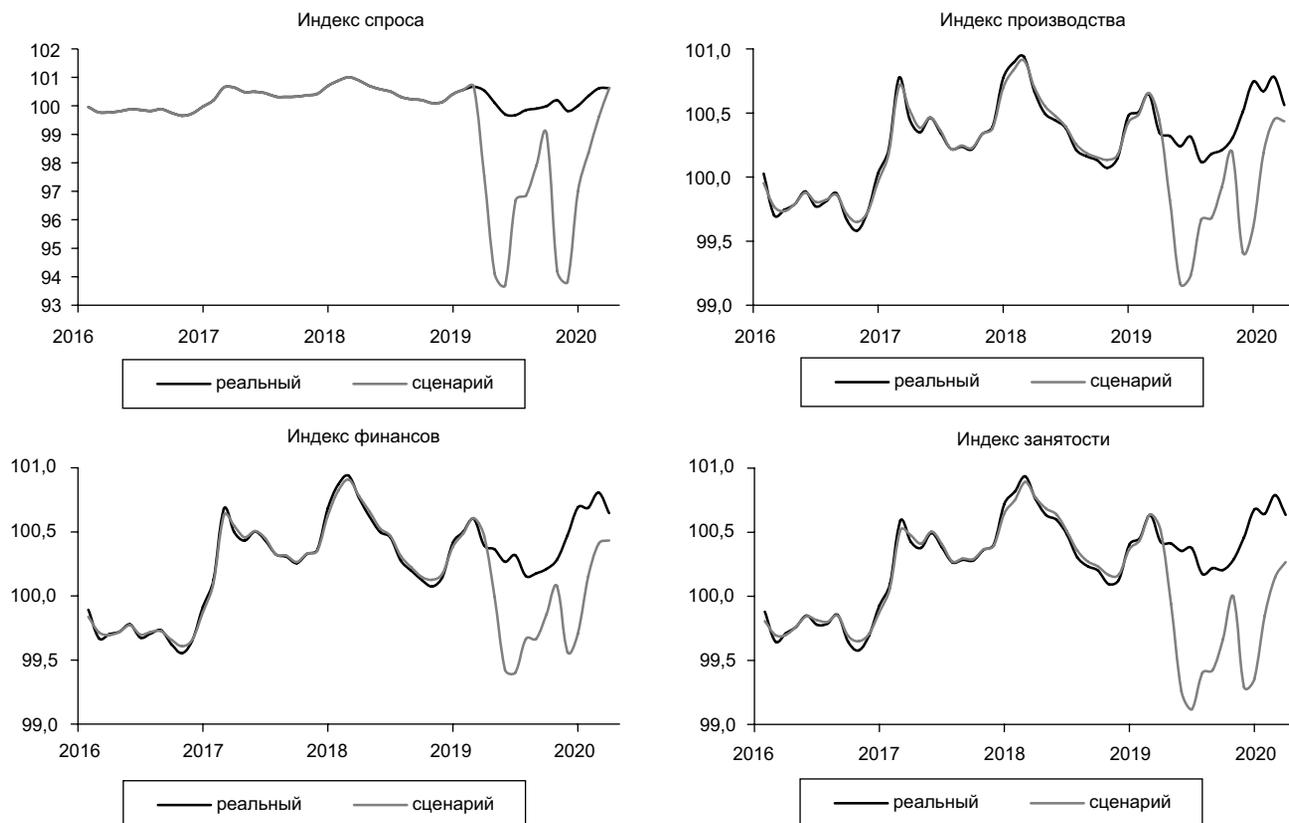


Рис. 7. Сценарий 3 (W): шок со стороны спроса

Сценарий № 4 предполагает U-образное замедленное восстановление и стагнацию на дне в течение некоторого промежутка времени (см. рис. 8 и 9).

Если таким образом моделируется шок со стороны производства, то это ведет к замедлению роста индексов финансов и занятости, которые достигают реальных значений только в начале следующего года. В то же время спрос относительно успешно адаптируется к ситуации, не сильно

падая и быстро отыгрывая возникающее отрицательное отклонение от реальных значений.

В случае возникновения подобной кризисной динамики со стороны спроса, индексы финансов и занятости ведут себя идентичным образом, а индекс производства реагирует сильнее, падая на 0,6 п. п. и восстанавливаясь только к самому концу года.

Симуляция одновременного шока со стороны спроса и производства не вносит принципиальных изменений.

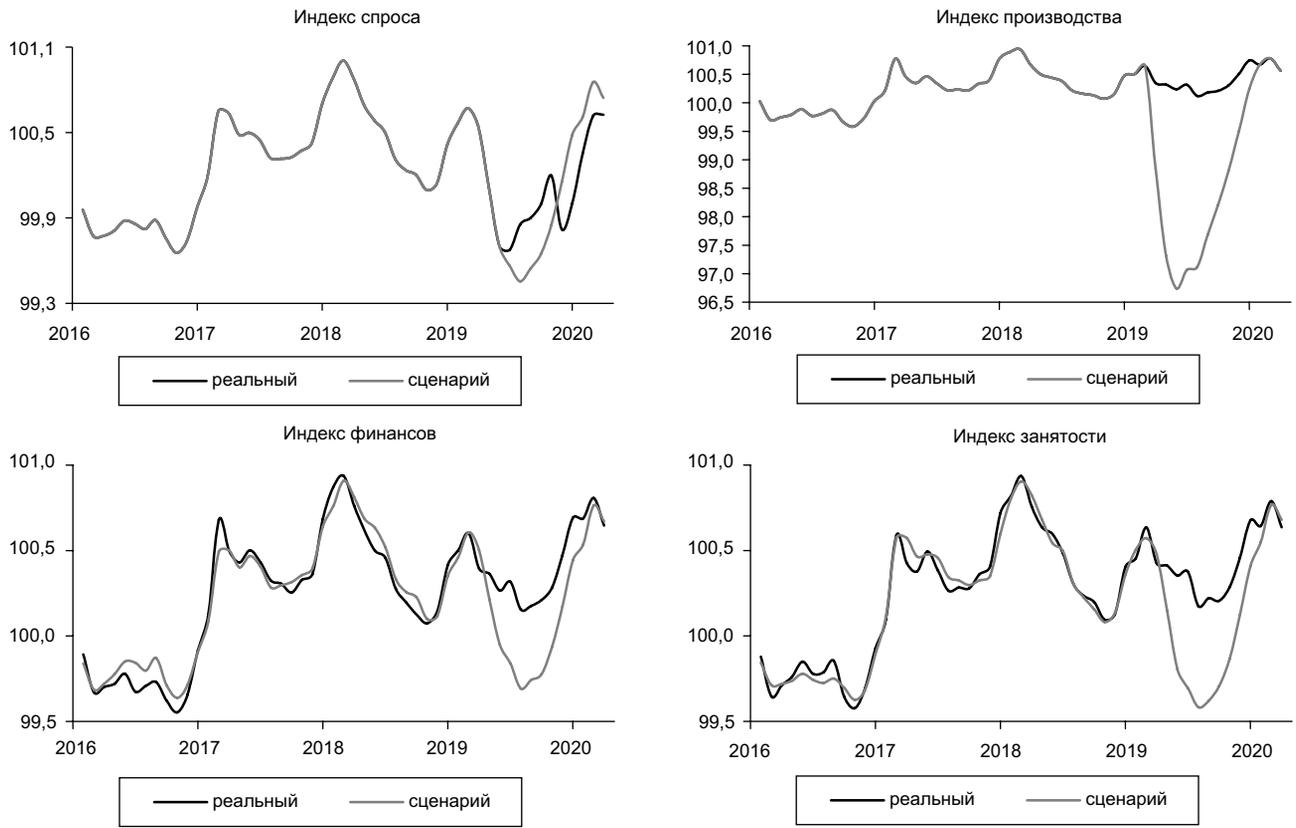


Рис. 8. Сценарий 4 (U): шок со стороны производства

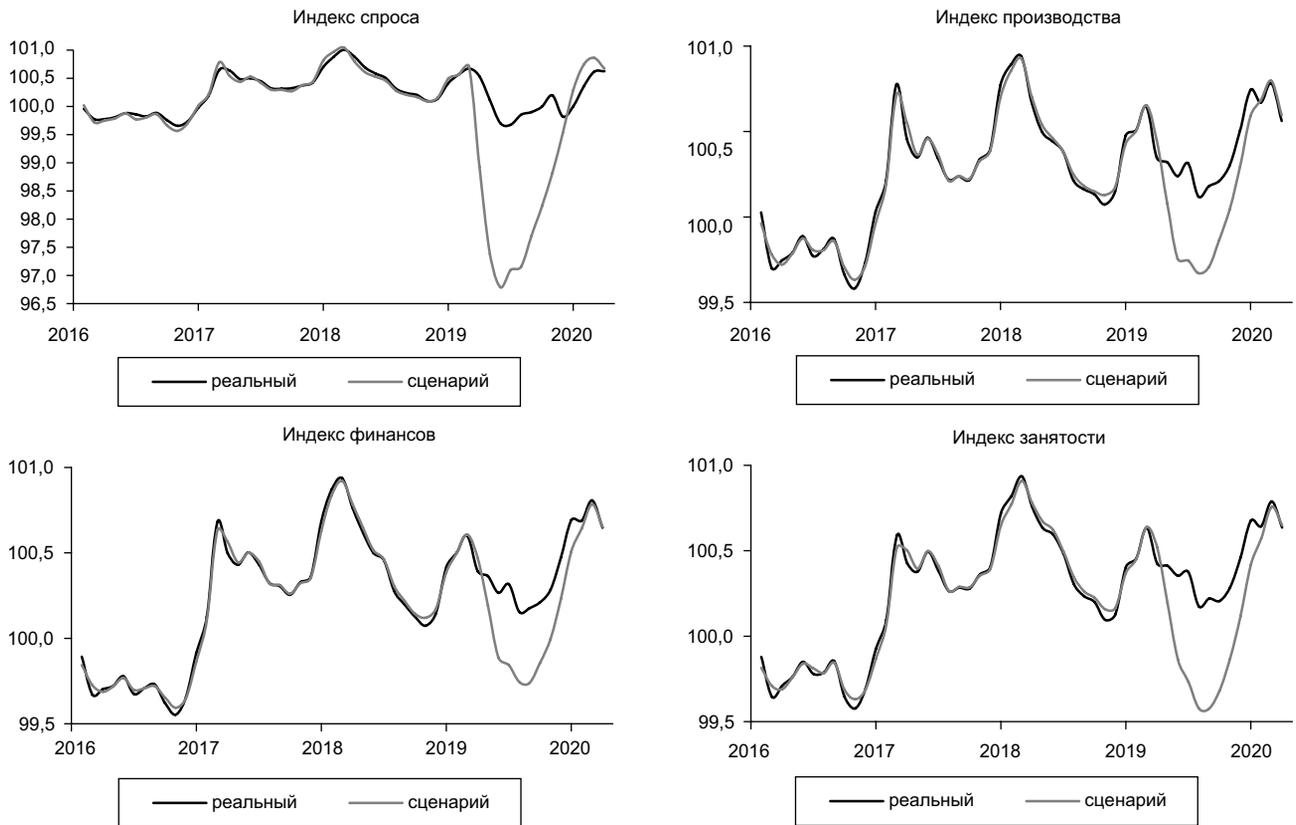


Рис. 9. Сценарий 4 (U): шок со стороны спроса

Заключение

Результаты представленного сценарного анализа позволяют оценить возможные реакции на различные траектории развития кризисных тенденций в экономике, в том числе вызванных распространением COVID-19. Построенные на базе конъюнктурных обследований индексы спроса, производства, финансов и занятости отражают базовые аспекты экономической деятельности, и изучение прямых и косвенных структурных взаимосвязей, существующих между ними, наряду с более традиционными методами, основанными на данных количественной статистики, может помочь при исследовании экономических последствий различных непредвиденных по силе и масштабу шоков, таких как, например, пандемия коронавируса.

Декомпозиция волатильности индексов финансов и занятости показала, что динамика спроса в целом оказывает более сильное влияние на финансовые показатели предприятий и уровень занятости по сравнению с изменением предложения. Таким образом, исходя из текущей экономической конъюнктуры особую роль приобретают меры по поддержанию спроса для преодоления развернувшегося кризиса с наименьшими потерями.

Предложенная методика стресс-тестирования в виде сценарного анализа подтвердила критическую значимость стороны спроса. Важный результат заключается в том, что нами была выявлена повышенная адаптивность спроса, чувствительность к шокам у которого ослабевает при затяжных кризисах, чего нельзя сказать о занятости или финансах.

Наиболее жестким сценарием из четырех рассмотренных нами оказался сценарий № 3 – рецессия с повторным шоком (W-образный). В этом случае индексы финансов и занятости отклоняются от известных нам реальных значений в отрицательную зону глубже и дольше всех остальных. После сценария № 3 по тяжести протекания кризиса следует сценарий № 4 (U-образный), затем – сценарий № 2 (V-образный). Ущерб в условиях сценария № 2 менее существенный благодаря более быстрому восстановлению значений индексов. Сценарий № 1 описывает наилучшую ситуацию.

Безусловно, настоящая работа представляет собой только начальный этап встраивания результатов конъюнктурных обследований в рамки

классической методологии макроуровневого стресс-тестирования. Дальнейшие наши исследования будут направлены на расширение ее применения в других отраслях, таких как сельское хозяйство и торговля (см. работу по применению VAR на базе данных конъюнктурных обследований предприятий розничной торговли [25]), а также на углубление анализа промышленности через рассмотрение шоков конъюнктуры на уровне подотраслевых разрезов. Кроме того, будет расширен перечень исследуемых вариаций шоковых сценариев (включая, например, L-, LJ-образные, гистерезис и т. д.). Стресс-тестирование для подотраслевых показателей деловой активности представляется важным с точки зрения выявления разрывов в уровне рискоустойчивости сегментов промышленности и влияния на совокупную динамику в целом.

Дополнительное направление исследований в рамках стресс-тестирования связано с расширением подхода за пределы исключительно экономических проблем и включения в рассмотрение индикаторов, отражающих технологические и цифровые аспекты развития. Это потребует дальнейшего проведения пилотных конъюнктурных обследований цифровой активности различных отраслей, что позволит рассматривать цифровое развитие в динамике и использовать для его изучения подобные эконометрические методы анализа временных рядов.

Литература

1. **Fornaro L., Wolf M.** Covid-19 Coronavirus and Macroeconomic Policy. CEPR Discussion Paper No. DP14529. March 2020. URL: <https://ssrn.com/abstract=3560337>.
2. Baldwin R., di Mauro B.W. (eds.) Economics in the Time of COVID-19. London: CEPR Press, 2020. URL: <http://www.amcham-egypt.org/bic/pdf/corona1/CEPR%20COVID-19.pdf>.
3. EIOPA. Methodological Principles of Insurance Stress Testing. EIOPA-BoS-19/568. 2019. URL: <https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/publications/methodological-principles-insurance-stress-testing.pdf>.
4. **Aumanns C.** et al. Models of Financial Stability and Their Application in Stress Tests // Handbook of Computational Economics. 2018. Vol. 4. P. 329-391.
5. **Сальников В.А., Могилат А.Н., Маслов И.Ю.** Стресс-тестирование компаний реального сектора для России: первый подход (методологические аспекты) // Журнал Новой экономической ассоциации. 2012. № 4(16). С. 46-70.

6. **So J.Y., UT.** VAR and Stress Tests: The Impact of Fat-Tail Risk and Systemic Risk on Commercial Banks in Hong Kong and China // HKIMR Working Paper No. 14/2017. doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2996297>.
7. **Boucher C., Maillat B.** La macroéconomie-en-risque // Revue économique. 2015. Vol. 66. No. 4. P. 769-781.
8. **Covas F.B., Rump B., Zakrajšek E.** Stress-Testing US Bank Holding Companies: A Dynamic Panel Quantile Regression Approach // International Journal of Forecasting. 2014. Vol. 30. No. 3. P. 691-713.
9. **Hoggarth G., Sorensen S., Zicchino L.** Stress Tests of UK Banks Using a VAR Approach. Bank of England Working Paper Series No. 282. November 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.872693>.
10. **Drehmann M., Patton A., Sorensen S.** Non-Linearities and Stress Testing // Risk Measurement and Systemic Risk: Proc. of the Fourth Joint Central Bank Research Conference, ECB, 2007. P. 281-308.
11. **Sims C.A., Zha T.** Were There Regime Switches in US Monetary Policy? // American Economic Review. 2006. Vol. 96. No. 1. P. 54-81.
12. **Barnett A., Groen J.J., Haroon M.** Time-Varying Inflation Expectations and Economic Fluctuations in the United Kingdom: A Structural VAR Analysis // Bank of England Working Paper No. 392. June 3, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1619793>.
13. **Mallick S.K., Sousa R.M.** Commodity Prices, Inflationary Pressures, and Monetary Policy: Evidence from BRICS Economies // Open Economies Review. 2013. Vol. 24. Iss. 4. P. 677-694. doi: <https://doi.org/10.1007/s11079-012-9261-5>.
14. **Демешев Б.Б., Малаховская О.М.** Макроэкономическое прогнозирование с помощью BVAR Литермана // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2016. Т. 20. № 4. С. 691-710.
15. **Piling M., Liu Y.** Measuring Financial Stress in a Developed Country: An Application to Canada // Journal of Financial Stability. 2006. Vol. 2. Iss. 3. P. 243-265.
16. **Hakkio C.S., Keeton W.R.** Financial Stress: What Is It, How Can It Be Measured, and Why Does It Matter? // Federal Reserve Bank of Kansas City. Economic Review. 2009. Vol. 94. Iss. Q II. P. 5-50.
17. **Hollo D., Kremer M., Lo D.M.** CISS - A Composite Indicator of Systemic Stress in the Financial System // ECB Working Paper No. 1426. March 9, 2012. URL: <https://ssrn.com/abstract=2018792>.
18. **Misina M., Tkacz G.** Credit, Asset Prices, and Financial Stress // International Journal of Central Banking. 2009. Vol. 5. No. 4. P. 95-122.
19. **Yiu M.S., Ho W.-Y.A., Jin L.** A Measure of Financial Stress in Hong Kong Financial Market - The Financial Stress Index // Hong Kong Monetary Authority Research Note 02/2010. URL: <https://www.hkma.gov.hk/media/eng/publication-and-research/research/research-notes/RN-02-2010.pdf>.
20. **Davig T., Hakkio C.** What is the Effect of Financial Stress on Economic Activity // Federal Reserve Bank of Kansas City. Economic Review. 2010. Vol. 95. Iss. Q II. P. 35-62.
21. **Ng T.** The Predictive Content of Financial Cycle Measures for Output Fluctuations // BIS Quarterly Review. June 2011. URL: <https://ssrn.com/abstract=1864708>.
22. **Brooks C., Tsolacos S.** Real Estate Modelling and Forecasting. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
23. **Bañbura M., Giannone D., Reichlin L.** Large Bayesian Vector Auto Regressions // Journal of Applied Econometrics. 2010. Vol. 25. Iss. 1. P. 71-92. doi: <https://doi.org/10.1002/jae.1137>.
24. **Potter S.M.** Nonlinear Impulse Response Functions // Journal of Economic Dynamics and Control. 2000. Vol. 24. Iss. 10. P. 1425-1446.
25. **Лола И.С., Глуздовский С.В.** Применение методов векторной авторегрессии в исследовании влияния малого розничного предпринимательства на динамику торговли // Вопросы статистики. 2018. Т. 25. № 11. С. 3-12.

Информация об авторах

Лола Инна Сергеевна - канд. экон. наук, заместитель директора Центра конъюнктурных исследований Института статистических исследований и экономики знаний, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». 109074, г. Москва, Славянская пл., д. 4, стр. 2. E-mail: ilola@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0974-8723>.

Мануков Антон Борисович - ведущий аналитик Центра конъюнктурных исследований Института статистических исследований и экономики знаний, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». 109074, г. Москва, Славянская пл., д. 4, стр. 2. E-mail: amanukov@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5899-8024>.

Бакеев Мурат Булатович - аналитик Центра конъюнктурных исследований Института статистических исследований и экономики знаний, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». 109074, г. Москва, Славянская пл., д. 4, стр. 2. E-mail: mbakeev@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3144-2544>.

Финансирование

Статья подготовлена в ходе проведения исследования в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

References

1. **Fornaro L., Wolf M.** Covid-19 Coronavirus and Macroeconomic Policy. *CEPR Discussion Paper No. DPI4529*. March 2020. Available from: <https://ssrn.com/abstract=3560337>.
2. Baldwin R., di Mauro B.W. (eds.) *Economics in the Time of COVID-19*. London: CEPR Press; 2020. Available from: <http://www.amcham-egypt.org/bic/pdf/corona1/CEPR%20COVID-19.pdf>.
3. EIOPA. *Methodological Principles of Insurance Stress Testing. EIOPA-BoS-19/568*, 2019. Available from: <https://www.eiopa.europa.eu/sites/default/files/publications/methodological-principles-insurance-stress-testing.pdf>.
4. **Aymanns C.** et al. Models of Financial Stability and Their Application in Stress Tests. *Handbook of Computational Economics*. 2018;(4):329-391.
5. **Salnikov V.A., Mogilat A.N., Maslov I.Yu.** Stress Testing for Russian Real Sector: First Approach. *Journal of the New Economic Association*. 2012;(4):46-70. (In Russ.)
6. **So J.Y., U T.** VAR and Stress Tests: The Impact of Fat-Tail Risk and Systemic Risk on Commercial Banks in Hong Kong and China. *HKIMR Working Paper No. 14/2017*. Available from: doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2996297>.
7. **Boucher C., Maillet B.** La Macroéconomie-en-risque. *Revue économique*. 2015;66(4):769-781.
8. **Covas F.B., Rump B., Zakrajšek E.** Stress-Testing US Bank Holding Companies: A Dynamic Panel Quantile Regression Approach. *International Journal of Forecasting*. 2014;30(3):691-713.
9. **Hoggarth G., Sorensen S., Zicchino L.** Stress Tests of UK Banks Using a VAR Approach. *Bank of England Working Paper Series No. 282*. November 2005. Available from: doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.872693>.
10. **Drehmann M., Patton A., Sorensen S.** Non-Linearities and Stress Testing. In: *Risk Measurement and Systemic Risk: Proc. of the Fourth Joint Central Bank Research Conference, ECB, 2007*. P. 281-308.
11. **Sims C. A., Zha T.** Were There Regime Switches in US Monetary Policy? *American Economic Review*. 2006;96(1):54-81.
12. **Barnett A., Groen J.J., Haroon M.** Time-Varying Inflation Expectations and Economic Fluctuations in the United Kingdom: A Structural VAR Analysis. *Bank of England Working Paper No. 39*. 2010. Available from: doi: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1619793>.
13. **Mallick S.K., Sousa R.M.** Commodity Prices, Inflationary Pressures, and Monetary Policy: Evidence from BRICS Economies. *Open Economies Review*. 2013;24(4):677-694. Available from: doi: <https://doi.org/10.1007/s11079-012-9261-5>.
14. **Demeshv B.B., Malakhovskaya O.M.** Macroeconomic Forecasting with a Litterman's BVAR Model. *HSE Economic Journal*. 2016;20(4):691-710. (In Russ.)
15. **Illing M., Liu Y.** Measuring Financial Stress in a Developed Country: An Application to Canada. *Journal of Financial Stability*. 2006;2(3):243-265.
16. **Hakkio C.S., Keeton W.R.** Financial Stress: What Is It, How Can It Be Measured, and Why Does It Matter? *Economic Review. Federal Reserve Bank of Kansas City*. 2009;94(Q II):5-50.
17. **Hollo D., Kremer M., Lo D.M.** CISS - A Composite Indicator of Systemic Stress in the Financial System. *ECB Working Paper No. 1426*. 2012. Available from: <https://ssrn.com/abstract=2018792>.
18. **Misina M., Tkacz G.** Credit, Asset Prices, and Financial Stress. *International Journal of Central Banking*. 2009;5(4):95-122.
19. **Yiu M.S., Ho W.-Y.A., Jin L.** A Measure of Financial Stress in Hong Kong Financial Market - The Financial Stress Index. *Hong Kong Monetary Authority Research Note 02/2010*. Available from: <https://www.hkma.gov.hk/media/eng/publication-and-research/research/research-notes/RN-02-2010.pdf>.
20. **Davig T., Hakkio C.** What Is the Effect of Financial Stress on Economic Activity? *Economic Review, Federal Reserve Bank of Kansas City*. 2010;95(2):35-62.
21. **Ng T.** The Predictive Content of Financial Cycle Measures for Output Fluctuations. *BIS Quarterly Review*. June 2011. Available from: <https://ssrn.com/abstract=1864708>.
22. **Brooks C., Tsolacos S.** *Real Estate Modelling and Forecasting*. Cambridge: Cambridge University Press; 2010.
23. **Bañura M., Giannone D., Reichlin L.** Large Bayesian Vector Auto Regressions. *Journal of Applied Econometrics*. 2010;25(1):71-92. Available from: doi: <https://doi.org/10.1002/jae.1137>.
24. **Potter S.M.** Nonlinear Impulse Response Functions. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2000;24(10):1425-1446.
25. **Lola I.S., Gluzdovskij S.V.** Using Vector Autoregression Methods to Study the Influence of Small Retail Business on Trade Dynamics. *Voprosy Statistiki*. 2018;25(11):3-12. (In Russ.)

About the authors

Inna S. Lola - Cand. Sci. (Econ.), Deputy Director, Centre for Business Tendency Studies, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, National Research University Higher School of Economics. 4, Slavyanskaya Sq., Bldg. 2, Moscow, 109074, Russia. E-mail: ilola@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0974-8723>.

Anton B. Manukov - Leading Analyst, Centre for Business Tendency Studies, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, National Research University Higher School of Economics. 4, Slavyanskaya Sq., Bldg. 2, Moscow, 109074, Russia. E-mail: amanukov@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5899-8024>.

Murat B. Bakeev - Analyst, Centre for Business Tendency Studies, Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge, National Research University Higher School of Economics. 4, Slavyanskaya Sq., Bldg. 2, Moscow, 109074, Russia. E-mail: mbakeev@hse.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3144-2544>.

Funding

The paper was prepared within the framework of the Basic Research Program at the National Research University Higher School of Economics.