

Научная статья

УДК 336.74(045)

JEL: E42, E44, G15

<https://doi.org/10.18184/2079-4665.2026.17.1.60-78>

Модель платежного токена в трансграничной платежной инфраструктуре на основе технологии распределенного реестра

Станислав Сергеевич Акулинкин¹, Владимир Вячеславович Горгадзе²,
Михаил Алексеевич Дымков³

¹ Финансовый университет при Правительстве РФ; Москва, Россия

^{2,3} Московский Физико-Технический Институт; Москва, Россия

¹ akulinkin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9052-6492>

² gorgadze@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1620-7140>

³ dymkov.ma@phystech.edu, <https://orcid.org/0009-0001-2280-4419>

Аннотация

Цель. Сформировать модель платежного токена на основе анализа основных экономических характеристик токена, таких как обеспеченность, стабильность стоимости, ликвидность и волатильность.

Методы. Гетеродоксальный, системный, структурно-функциональный, институциональный, кибернетический и прагматический методологические подходы к формированию трансграничной платежной инфраструктуры на основе технологии распределенного реестра; методы математического моделирования: метод описательной статистики, индексный метод, метод нормализации, численные методы оптимизации.

Результаты работы. Сформирована модель платежного токена на базе стабильной корзины валют. Определены оптимальные количественные характеристики платежного токена для применения в трансграничной платежной инфраструктуре на основе технологии распределенного реестра. Для трансграничного платежного пространства стран БРИКС целесообразно использовать платежный токен, обеспеченный стабильной корзиной валют, состоящей из китайского юаня, российского рубля, индийской рупии и бразильского реала. Путем минимизации оптимизационной функции определены коэффициенты национальных валют в стабильной корзине фонда обеспечения платежного токена трансграничного платежного пространства стран БРИКС. Разработана альтернативная модель платежного токена, обеспеченного корзиной валют стран Запада: доллара США, евро, фунта стерлингов, йены. Показано, что волатильность токенов на основе корзины валют с весами, оптимизированными в рамках сформированной модели, значительно ниже волатильности любой отдельной валюты.

Выводы. В подсистеме денежного оборота трансграничной платежной инфраструктуры на основе технологии распределенного реестра рационально использовать платежный токен, удовлетворяющий экономическим характеристикам обеспеченности, стабильности стоимости, ликвидности и низкой волатильности. Такой токен обеспечит бесперебойное функционирование и доступность осуществления трансграничных расчетов для экономических субъектов стран-участниц трансграничного платежного пространства БРИКС. Применение инвариантного индекса стоимости валюты при формировании модели платежного токена обеспечивает независимую от выбора базовой валюты методологическую основу для оптимизации числовых показателей его экономических характеристик.

Ключевые слова: платежный токен, стабильная корзина валют, технология распределенного реестра, трансграничная платежная инфраструктура, платежное пространство, инвариантный индекс стоимости валюты

Благодарность. Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.



Для цитирования: Акулинкин С. С., Горгадзе В. В., Дымков М. А. Модель платежного токена в трансграничной платежной инфраструктуре на основе технологии распределенного реестра // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2026. Т. 17. № 1. С. 60–78

EDN: <https://elibrary.ru/jzlvyb>. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2026.17.1.60-78>

© Акулинкин С. С., Горгадзе В. В., Дымков М. А., 2026

Original article

Payment token model in cross-border payment infrastructure based on distributed ledger technology

Stanislav S. Akulinkin¹, Vladimir V. Gorgadze², Mikhail A. Dymkov³

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation; Moscow, Russia

^{2,3} Moscow Institute of Physics and Technology; Moscow, Russia

¹ akulinkin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9052-6492>

² gorgadze@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1620-7140>

³ dymkov.ma@phystech.edu, <https://orcid.org/0009-0001-2280-4419>

Abstract

Purpose: to develop a model of a payment token based on the analysis of its key economic characteristics, such as backing, price stability, liquidity, and volatility.

Methods: heterodox, systemic, structural-functional, institutional, cybernetic, and pragmatic methodological approaches to the formation of a cross-border payment infrastructure based on distributed ledger technology; methods of mathematical modeling: descriptive statistics method, index method, normalization method, numerical optimization methods.

Results: a payment token model based on a stable currency basket has been developed. Optimal quantitative characteristics of the payment token for use in a cross-border payment infrastructure based on distributed ledger technology have been determined. For the cross-border payment space of the BRICS countries, it is advisable to use a payment token backed by a stable currency basket consisting of the Chinese yuan, Russian ruble, Indian rupee, and Brazilian real. By minimizing the optimization function, the coefficients of the national currencies in the stable basket backing the payment token of the BRICS cross-border payment space have been determined. An alternative model of a payment token backed by a currency basket of Western countries – the US dollar, euro, pound sterling, and yen – has been developed. It is shown that the volatility of tokens based on currency baskets with weights optimized within the proposed model is significantly lower than the volatility of any single currency.

Conclusions and Relevance: in the money circulation subsystem of a cross-border payment infrastructure based on distributed ledger technology, it is rational to employ a payment token that meets the economic characteristics of backing, price stability, liquidity, and low volatility. Such a token will ensure the uninterrupted functioning and accessibility of cross-border settlements for economic agents of the BRICS cross-border payment area. The application of an invariant index of the currency value in the design of the payment token model provides a methodological foundation, independent of the choice of a base currency, for optimizing the numerical indicators of its economic characteristics.

Keywords: payment token, stable currency basket, distributed ledger technology, cross-border payment infrastructure, payment space, invariant index of currency value

Acknowledgments. The article was prepared based on the results of a research carried out at the expense of budgetary funds under the state assignment of the Financial University under the Government of the Russian Federation.

Conflict of Interest. The authors declare that there is no Conflict of Interest.

For citation: Akulinkin S. S., Gorgadze V. V., Dymkov M. A. Payment token model in cross-border payment infrastructure based on distributed ledger technology. *MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2026; 17(1):60–78. (In Russ.)

EDN: <https://elibrary.ru/jzlvyb>. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2026.17.1.60-78>

© Akulinkin S. S., Gorgadze V. V., Dymkov M. A., 2026

Введение

Уровень традиционных трансграничных платежных сервисов не соответствует потребностям экономических субъектов, что создает необходимость трансформации механизмов проведения трансграничных платежей. В недалеком будущем ключевая роль в трансграничных платежных транзакциях будет принадлежать платежной инфраструктуре нового поколения. Ее формирование на основе технологии распределенного реестра обусловлено имманентными преимуществами, включающими децентрализацию и оцифровку ключевых элементов инфраструктуры¹. Такое утверждение подтверждается данными роста объема трансграничных переводов с использованием систем на основе технологии распределенного реестра. В 2020 г. количество трансграничных B2B-транзакций через системы распределенного реестра составило 122,2 млн, а к 2025 г. этот показатель составил 1767,3 млн, то есть за 5 лет количество транзакций с использованием распределенных реестров выросло более чем в 14 раз².

Стремительный рост платежей в децентрализованной среде выявляет проблематику формирования трансграничной платежной инфраструктуры (ТПИ) на основе технологии распределенного реестра. Основная научная проблема связана с выбором эквивалента меры стоимости, который ляжет в основу автоматического регулирования обменного курса национальных валют в такой инфраструктуре. Актуальность исследования подкрепляется финансовыми дисбалансами, которые присущи современной мировой экономике, существенная часть которых инспирирована действующей международной валютной системой³. Актуальность настоящей работы также обусловлена необходимостью гарантировать бесперебойное функционирование ТПИ в условиях реализации внешних рисков с использованием децентрализованных платежных механизмов, независимых от валют государств, не входящих в трансграничное платежное пространство.

Финансовые токены, оборот которых осуществляется с использованием технологии распределенного реестра, могут служить инструментом трансгра-

ничных платежей. Данная гипотеза определяет цель настоящей статьи – сформировать модель платежного токена в ТПИ на базе технологии распределенного реестра на основе анализа основных экономических характеристик токена, способного эффективно выполнять функцию трансграничного платежного инструмента. Для обеспечения бесперебойности ТПИ необходим платежный токен со встроенным механизмом автоматического регулирования обменного курса относительно корзины национальных валют государств-участников единого платежного пространства.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ экономических характеристик платежного токена;
- сформулировать методику определения весов национальных валют в стабильной корзине валют (СКВ), лежащей в обеспечении токена;
- определить состав национальных валют в зависимости от выбора трансграничного платежного пространства, в котором осуществляется оборот платежного токена;
- обозначить источники и временной диапазон данных для моделирования;
- установить числовые показатели экономических характеристик платежного токена;
- провести оптимизацию параметров модели и валидировать полученные результаты.

Практическая значимость темы исследования подтверждается растущим недоверием к доллару США как якорной валюте в мировой валютной системе со стороны все большего количества стран. Так, глава Центрального банка КНР ожидает, что новый порядок валютного регулирования бросит вызов доллару. П. Гуншень также отмечает возможность более широкого использования специальных прав заимствования (СДР) как альтернативы, которая могла бы помочь «преодолеть проблемы, присущие единой суверенной валюте как доминирующей международной валюте»⁴. Формирование новой ТПИ продолжается на основе наднациональных объединений, в том числе Центральный банк РФ принимает участие в Ра-

¹ Акуликин С.С. Технологии распределенного и централизованного реестров как основа формирования трансграничной платежной инфраструктуры // Банковские услуги. 2024. № 11. С. 32–40. EDN: <https://elibrary.ru/ghlvsn>. https://doi.org/10.36992/2075-1915_2024_11_32

² B2B cross-border transactions on blockchain in various regions worldwide in 2020 with forecasts from 2021 to 2025 // Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/1228825/b2b-cross-border-transactions-on-blockchain-worldwide/> (дата обращения: 10.08.2025)

³ Global financial stability report: Enhancing resilience amid uncertainty. 2025 // International Monetary Fund. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/GFSR/Issues/2025/04/22/global-financial-stability-report-april-2025> (дата обращения 10.08.2025)

⁴ China's central bank chief expects new currency order to challenge dollar // Financial Times. URL: <https://www.ft.com/content/ed04b26c-657d-4653-859d-c5a560c6b3e9> (дата обращения: 10.08.2025)

бочей группе центральных банков стран БРИКС «BRICS Cross-Border Payments Initiative» (BCBPI)⁵.

Обзор литературы и исследований

Экономические характеристики платежного токена, которые требуется реализовать в его модели, лежат в основе подсистемы оборота токенов в ТПИ на основе технологии распределенного реестра. Исследование этих характеристик предполагает опору на научные результаты, получившие распространение в академической литературе. Терминологический каркас для анализа платежной инфраструктуры на основе технологии распределенного реестра был предложен в работе М. Рауша и соавторов [1]. Понятия токенов, цифровых валют центральных банков и других цифровых активов подробно исследованы с применением различных методологических подходов. Анализ сопряжения интересов государства и других экономических субъектов через применение системного подхода проведен Н.А. Амосовой на примере исследования глобальных тенденций развития банковского дела [2]. В исследовании Ю. Танг задействован системный подход к проектированию цифровых валют центральных банков, который опирается на идеи обратной связи, модульности и целевой функциональной архитектуры [3]. Н. Гандал и Х. Халабурда рассматривают рыночное поведение токенов в условиях сетевых эффектов [4], что соотносится с идеями Л. Берталанфи о системной взаимозависимости [5].

Современные исследования подчеркивают важность согласованности модели платежного токена в платежных инфраструктурах на основе технологии распределенного реестра с функциями учета и исполнения транзакций. Е.И. Дюдикова и Н.Н. Куницына, анализируя функционал цифрового рубля, определили, что в актуальной реализации он имеет локальное значение в рамках электронного платежного пространства, не являясь идеальным цифровым платежным инструментом нового поколения [6].

Параллельно с указанными исследованиями функциональной составляющей платежных токенов ряд ученых провел анализ их институциональной субъектности, заложив в основу научную проблематику современной экономики. Так, Х. Чанг провел критический анализ роли институтов в экономическом развитии и выявил ряд теоретических проблем экономики, отметив невозможность свободного рынка обеспечивать наилучшие условия для экономического развития [7]. Субъектами изменений в нормативной правовой базе являются ключевые элементы ТПИ: финансовые институты, технологи-

ческие посредники, регуляторные структуры, конечные пользователи. Каждый из этих элементов выполняет определенные функции, обеспечивающие бесперебойное проведение трансграничных транзакций. Интеграция перечисленных и других элементов в финансовые системы исследована С.Е. Дубовой, отметившей важность обеспечения стабильности в банкцентричных финансовых системах [8], к которым все еще относятся платежные инфраструктуры.

Материалы и методы

В статье применяются следующие подходы к исследованию.

Гетеродоксальный подход – используется в части учета институциональной специфики функционирования ТПИ на основе технологии распределенного реестра. В рамках данного подхода выявляется комплекс экономических характеристик платежного токена для использования в его моделировании; он позволяет выйти за пределы чисто математической оптимизации параметров токена и интегрировать в модель значимые экономические факторы функционирования ТПИ. Примером работы, использующей гетеродоксальный подход в исследованиях финансовых токенов и децентрализованных финансов, служит публикация М.А. Абрамовой и др. [9].

Системный подход к моделированию платежного токена – основан на рассмотрении его как элемента подсистемы ТПИ, в которой обеспечивается оборот токенов. В отличие от изолированного анализа отдельных экономических характеристик токена, он предполагает изучение взаимосвязей между субъектами ТПИ, участвующими в его эмиссии и обращении. В настоящем исследовании использованы классические концепции системного подхода, изложенные в работах Л. Берталанфи [5] и С. Оптнера [10].

Структурно-функциональный подход – опирается на представление ТПИ как системы, в которой каждая подсистема имеет четко определенное функциональное назначение. В том числе подсистема оборота токенов обеспечивает передачу стоимости между субъектами платежа. В рамках этого подхода моделирование строится вокруг двух взаимосвязанных аспектов: структуры и функций. Структурный аспект позволяет выявить ключевые элементы модели платежного токена – базу обеспечения – стабильную корзину валют. Функциональный аспект направлен на анализ экономических характеристик платежного токена.

⁵Основные направления развития национальной платежной системы на период 2025–2027 годов // Банк России. 2024. URL: https://cbr.ru/content/document/file/170680/onrmps_2025-27.pdf (дата обращения: 12.05.2025)

Кибернетический подход – позволяет сформировать механизм обратной связи, который обеспечивает соответствие экономических характеристик токена оптимальным значениям. Предполагает выделение трех важных элементов: входов (набор исходных параметров – корзина валют, международные резервы, показатели экспорта, лимиты), процессов управления (алгоритмы оптимизации параметров модели) и выходов (целевые значения экономических характеристик платежного токена). Данный подход при исследовании токенов как новых элементов финансовой системы использован в работах Н.И. Морозко, В.Ю. Диденко [11] и Е.С. Зеленовой, В.П. Ильинской [12].

Прагматический подход – предполагает выбор параметров токена, которые демонстрируют наибольшую применимость в конкретном трансграничном платежном пространстве. В частности, данное требование может выражаться в использовании в качестве обеспечения корзины валют, поддерживающей стабильность стоимости платежного токена. При задействовании данного подхода особое внимание уделяется балансу интересов – модель платежного токена должна быть достаточно гибкой, чтобы ее могли использовать разные страны и институты. Основой применения в настоящей статье прагматического подхода к моделированию платежного токена являются труды Ч. Пирса [13], У. Джеймса [14], Дж. Дьюи [15], Г. Симона [16]. Работы З. Какушадзе, Р. Руссо [17] и Дж. Гуделла [18] повлияли на современные исследования экономических характеристик токенов.

Институциональный подход обеспечивает признание ключевой роли формальных и неформальных институтов – правовых норм, регуляторных механизмов, международных соглашений, а также практики взаимодействия участников ТПИ. В дополнение к инструментарию математического моделирования данный подход делает акцент на том, что экономические характеристики платежного токена зависят от согласованности параметров модели с институциональной средой. Классическим вариантом применения институционального подхода является работа Дж. Коммонса [19], позже исследованная в статье Б. Кауфмана [20]. К числу основополагающих трудов, посвященных использованию данного подхода, относятся статьи Д. Норта [21] и Р. Коуза [22]. В современной интерпретации институциональный подход в исследовании финансовых услуг представлен в работе С.В. Криворучко и др. [23].

Методы математического моделирования позволяют определить оптимальный количественный состав СКВ, лежащей в основе обеспечения платежного токена. С этой целью в данной статье используются следующие методы.

Метод описательной статистики. Оценка волатильности платежного токена зависит от статистических показателей валют, входящих в состав СКВ. В частности, вычисляются стандартные отклонения и корреляционные моменты.

Индексный метод. Статистические показатели кросс-курсов в значительной степени зависят от выбора базовой валюты, что затрудняет определение состава СКВ. В работе предложен индекс, учитывающий стоимость каждой валюты относительно всей корзины, а не только базы.

Метод нормализации. Разница в покупательной способности валют обуславливает действие их индексов в разных масштабах. Для конструктивного сравнения волатильности компонентов фонда СКВ рассматриваются относительные величины.

Численные методы оптимизации. Определение состава СКВ формулируется в виде задачи оптимизации. Предложенная модель платежного токена является целевой функцией, минимизация которой с учетом ограничений дает искомый результат. В частности, в работе был применен метод внутренней точки доверительной области.

В статье анализируются материалы Всемирного банка, Всемирной торговой организации, Международного валютного фонда, Банка международных расчетов, Банка России. Используются статистические материалы Yahoo Finance, информационного портала Statista.

Результаты исследования

Анализ характеристик платежного токена

Для формирования модели платежного токена в ТПИ на основе технологии распределенного реестра важно обеспечить требуемый уровень экономических характеристик такого токена, включая обеспеченность, стабильность стоимости, ликвидность и волатильность. Перечисленные характеристики должны определять состав СКВ стран-участниц единого трансграничного платежного пространства и имеют наибольшее значение при проектировании платежного токена, обеспеченного СКВ. С целью разработки модели платежного токена в ТПИ важно выделить те из них, которые наиболее подвержены количественной оптимизации с использованием численных методов. Для этого следует обратиться к истории формирования платежных инструментов для трансграничных расчетов и использовать преимущества накопленного опыта.

Расчетные единицы для обращения в международной торговле эволюционировали от золотого стандарта XIX в. к использованию доллара США как наиболее распространенного платежного ин-

струмента. Еще в 1960 г. Р. Триффин заявил, что система, которая была согласована в Бреттон-Вудсе, не будет существовать, поскольку ее механизмы содержат внутреннее противоречие [24]. Дилемма Триффина, отражающая несовместимость краткосрочных национальных интересов страны-эмитента резервной валюты и долгосрочных требований мировой экономики в растущей ликвидности, должна была неизбежно привести к отвязке доллара от золота, что и произошло в 1971 г. Противоречие заключается в том, что растущее увеличение спроса на международную ликвидность может быть удовлетворено генерацией дефицита платежного баланса страны-эмитента мировой валюты, а данное обстоятельство последовательно приводит к утрате доверия к такой валюте.

Первоначально идеи Триффина были использованы Международным валютным фондом (МВФ) для создания синтетического резервного актива с целью дополнения предложения золота: МВФ выпустил СДР, приравненные в стоимостном выражении к доллару США. Первые 3 млрд СДР были распределены среди членов МВФ, затем в 1971 и 1972 гг. были дополнительно выпущены 2,9 и 3,4 млрд СДР соответственно. В результате, в 70-е гг. СДР получили исторически максимальный удельный вес в мировых запасах незолотых резервных активов на уровне около 9,5%. До 2021 г. МВФ распределил всего 204,2 млрд СДР, что эквивалентно приблизительно 318 млрд долларов США⁶. 08.07.2021 г. Исполнительный совет МВФ принял решение о согласии с предложением Директора-распорядителя о новом общем распределении СДР в размере, эквивалентном 650 млрд долларов США. Тем не менее, распределение СДР и растущий объем международной торговли, составивший в 2023 г. по данным Всемирной торговой организации (ВТО) 30,4 трлн долларов⁷, остаются несопоставимыми величинами.

После распада Бреттон-Вудской системы и перехода к системе плавающих обменных курсов аль-

тернативой доллару США в оценке СДР стала корзина валют разных государств. Вначале эта корзина состояла из 16-ти валют, эмитенты которых представляли более 1% мирового экспорта. Впоследствии корзина была пересмотрена в валюты стран «большой пятерки» и в настоящее время она представляет собой корзину из 5-ти валют: доллара США, евро, юаня, йены и фунта стерлингов. С 01.08.2022 г. по 31.07.2027 г. веса этих валют в корзине СДР составляют 43,38%, 29,31%, 12,28%, 7,59%, 7,44% соответственно⁸. Расширение перечня национальных валют в корзине СДР, по мнению ряда экспертов, может стать источником стабилизации в мировой экономике⁹. Возможность подобных решений предполагает компромиссы, сопряженные с существенными уступками со стороны США, что крайне маловероятно [25]. Так, 25.02.2021 г. министр финансов США Дж. Йеллен одобрила выделение 650 млрд долл. для нового распределения СДР, а затем уведомила Конгресс США о своем намерении, возражения которого против выделения средств были аргументированы тем, что «это принесет пользу странам, находящимся в немилости у США, таким как Беларусь, Китай, Иран, Россия, Сирия и Венесуэла»¹⁰.

При анализе основных экономических характеристик СДР как исторического примера единого платежного инструмента важно рассмотреть его отличия от доллара США. Во-первых, предложение долларовых резервов имеет прямую корреляцию с состоянием платежного баланса США и может расширяться в ответ на увеличение спроса на такие активы, обеспечивая требуемый уровень ликвидности¹¹. Вместе с этим, предложение СДР зависит исключительно от административного решения МВФ, то есть с лагом по времени в части реагирования на изменяющуюся конъюнктуру на мировом рынке.

Во-вторых, профиль внешнего долга страны-эмитента резервной валюты определяется постоянным ростом в связи с увеличением предложения

⁶ Вопросы и ответы о специальных правах заимствования (СДР) // International Monetary Fund. URL: <https://www.imf.org/ru/About/FAQ/special-drawing-right> (дата обращения: 10.08.2025)

⁷ Annual Report 2024 // World Trade Organization. URL: www.wto.org/english/res_e/booksp_e/anrep_e/ar24_e.pdf (дата обращения: 10.08.2025)

⁸ Press Release – IMF Determines New Currency Amounts for the SDR Valuation Basket // International Monetary Fund. URL: <https://www.imf.org/en/News/Articles/2022/07/29/pr22281-press-release-imf-determines-new-currency-amounts-for-the-sdr-valuation-basket> (дата обращения: 10.08.2025)

⁹ Gourinchas P.-O., Rey H., Farhi E. Introducing a new eReport: Reforming the international monetary system. 2011 // CEPR VoxEU. URL: <https://cepr.org/voxeu/columns/introducing-new-ereport-reforming-international-monetary-system> (дата обращения: 10.08.2025)

¹⁰ Truman E.M. The dog that has not barked: Use of the 2021 SDR allocation. 2022 // Harvard Kennedy School. URL: <https://www.hks.harvard.edu/sites/default/files/centers/mrcbg/programs/senior.fellows/2021-22/Ted%20Truman%20Feb%202022.pdf> (дата обращения: 10.08.2025)

¹¹ Williamson J. Understanding Special Drawing Rights (SDRs) // Peterson Institute for International Economics. 2009. URL: https://ciaotest.cc.columbia.edu/pbei/iie/0017253/f_0017253_14756.pdf (дата обращения: 10.08.2025)

ликвидности такой валюты в ответ на спрос со стороны экономических субъектов во всем мире. С одной стороны, увеличение долга может быть полностью профинансировано инвестициями со стороны других стран; с другой стороны, часть вновь создаваемой международной ликвидности принимает форму увеличения дефицита текущего счета страны-эмитента. Данное обстоятельство подрывает обеспеченность такого платежного инструмента в долгосрочной перспективе, особенно применительно к трансграничным транзакциям. В отличие от изложенного порядка, эмиссия СДР, распределяющая их в точной пропорции к увеличивающимся резервам, не требует от какой-либо страны увеличения своего внешнего долга и сохраняет обеспеченность актива.

У единого платежного инструмента есть и существенные недостатки. В частности, обязательства по нему несут все члены соответствующего фонда, некоторые из которых не обладают достаточной кредитоспособностью. В сценарии экономического кризиса такие страны могут столкнуться с ограниченной возможностью осуществления расчетов по своим обязательствам, волатильностью национальной валюты и другими негативными проявлениями в своих экономических системах, что в подобных обстоятельствах негативно отразится на стабильности стоимости единого платежного инструмента и, соответственно, платежного токена, обеспеченного такими валютами. Данное обстоятельство требует консервативного подхода к выбору стран-участниц фонда СКВ, обеспечивающего соответствие экономических характеристик платежного токена заданным параметрам, и к распределению удельных весов национальных валют каждой из этих стран. Уверенность в том, что обеспеченный СКВ платежный токен имеет стабильную стоимость и будет приниматься всеми сторонами, определяет требуемую функциональность подсистемы оборота такого токена в ТПИ.

Еще одной важной экономической характеристикой платежного токена является волатильность. Л.В. Крылова показала, что волатильность ограничивает применение токенов в роли платежных инструментов [26]. Очевидно, что волатильность платежного токена является функцией от параметров волатильности национальных валют, входящих в СКВ. Именно данная характеристика наиболее важна для субъектов трансграничных платежей на краткосрочном временном горизонте, поскольку является причиной возникновения валютного риска на этапе осуществления расчетов. В то же время характеристика волатильности является объектом эффективного применения чис-

ленных методов и может быть минимизирована путем расчета оптимальных весов национальных валют в СКВ. Так, П. Гиудичи с соавторами показал, что «стейблкоин на основе корзины валют»¹² демонстрирует меньшую волатильность по сравнению с любой отдельной валютой в корзине, включая доллар США [27]. Авторы определили, что диверсификация валют снижает масштаб передачи локальных экономических шоков: падение одной валюты компенсируется движением других. В частности, СДР показывает результаты, близкие к СКВ, однако модель платежного токена, обеспеченного СКВ, имеет преимущество в гибкости и независимости от политических факторов.

Методика определения весов национальных валют в стабильной корзине валют

Исследование [27] подтвердило, что платежный токен на основе СКВ менее волатилен, чем любая отдельная валюта. Ученые сформулировали задачу оптимизации через минимизацию дисперсии стоимости корзины путем подбора неотрицательных весов, суммирующихся к единице. Для устранения зависимости от выбора базовой валюты был использован метод Н. Хованова: нормализация курсов относительно геометрического среднего корзины валют и некоторого выбранного момента времени t_0 . Это позволяет получить уникальную СКВ вне зависимости от выбора для оптимизации весов какой-либо одной базовой валюты. В статье Н. Хованова и др. представлен точный и вычисляемый инвариантный индекс стоимости валюты (ИИСВ) [28]. Этот индекс можно использовать в качестве индикатора для оценки изменений стоимости отдельной валюты на мировых валютных рынках. Методологическое и математическое обоснование ИИСВ сформулировано в терминах простой модели обмена (SIMEX), представляющей собой упрощенную экономико-математическую модель, предназначенную для анализа процесса обмена товарами, услугами или валютами между участниками системы при минимальном числе предположений и ограничений. Т. Хамфри и Т. Лоллер одними из первых описали эту модель, предполагая режим плавающих валютных курсов и определяя такой курс относительной ценой двух национальных валют [29]. Основная идея SIMEX заключается в моделировании обменного курса в абстрагированном виде, исключая влияние сложных рыночных факторов, таких как налоги, государственное регулирование, транзакционные издержки или асимметрия информации.

ИИСВ по модели SIMEX может быть использован для построения валютной корзины с минимальной дисперсией. Методами оптимизации вычисляются

¹²Прим. Авторы: В терминах настоящей статьи речь идет о платежном токене, обеспеченном СКВ.

оптимальные веса отдельных валют для формирования фонда СКВ, который будет служить основой обеспечения платежного токена в ТПИ на основе технологии распределенного реестра.

Выявленная Н. Ховановым высокая чувствительность корреляции валют к выбору базы свидетельствует о существенной зависимости их обменной стоимости от метода нормализации. В частности, он выявил резкую смену характера корреляции между валютами – от положительной к отрицательной – при переходе от доллара США к другой базовой валюте. Поскольку выбор базы способен радикально изменить выводы о взаимосвязи валют, в настоящей статье используется методика расчета ИИСВ, независимая от выбора базовой валюты.

Модель платежного токена

При определении состава фонда СКВ, обеспечивающего целевые параметры основных экономических характеристик платежного токена, будет рассмотрено два варианта: СКВ BRICS, состоя-

щая из бразильского реала, российского рубля, индийской рупии и китайского юаня, а также корзина WEST, состоящая из доллара США, евро, фунта стерлингов и японской иены.

Для СКВ BRICS были выбраны валюты 4-х стран БРИКС с наибольшим ВВП по данным Всемирного банка¹³: Китай, Индия, Бразилия, Россия. Данные Yahoo Finance¹⁴ по ежедневным кросс-курсам валют покрывают период с 01.01.2020 г. по 14.02.2025 г. В качестве базовой валюты использовался доллар США. Набор данных был проверен на предмет неверных значений и скорректирован, после чего разделен на две части:

- расчетный период, с 01.01.2020 г. по 31.12.2023 г.;
- валидационный период, с 01.01.2024 г. по 14.02.2025 г.

Суммарная статистика общей выборки кросс-курсов национальных валют СКВ BRICS приведена в табл. 1. Результаты теста Харке-Бера отвергают гипотезу нормального распределения во всех случаях.

Таблица 1

Суммарная статистика выборки кросс-курсов национальных валют СКВ BRICS, базовая валюта – доллар США

Table 1

Summary statistics of the cross-rates sample of BRICS national currencies within the stable currency basket, with the US dollar as the base currency

Показатель	BRL	RUB	INR	CNY
Величина выборки	1336	1336	1336	1336
Среднее	0.192	0.013	0.013	0.146
Стандартное отклонение	0.014	0.002	0.0007	0.007
Минимальное значение	0.159	0.007	0.011	0.136
Максимальное значение	0.249	0.019	0.014	0.159
Коэффициент асимметрии	0.918	0.268	0.128	0.418
Коэффициент эксцесса (0 – значение для нормального распределения)	2.444	-0.256	-1.549	-1.296
Тест Харке-Бера, статистика (p-критерий)	516.00 (0)	19.64 (0)	137.03 (0)	132.34 (0)

Разработано авторами.

Developed by the authors.

Дополнительно для Бразилии, России, Индии, Китая, США, Евросоюза, Великобритании и Японии были собраны данные по величине годового экспорта¹⁵ и международных резервов за 2023 г.¹⁶ Вы-

числение состава СКВ проводилось на расчетном наборе данных. Курсы бразильского реала (BRL), российского рубля (RUB), индийской рупии (INR) и китайского юаня (CNY) были сведены в один набор

¹³GDP (current US\$) // World Bank Group. URL: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?most_recent_value_desc=true (дата обращения 10.08.2025)

¹⁴Yahoo Finance. URL: <https://finance.yahoo.com> (дата обращения 06.03.2025)

¹⁵Merchandise Trade // World Trade Organization. URL: https://stats.wto.org/dashboard/merchandise_en.html (дата обращения 10.08.2025)

¹⁶Total reserves (includes gold, current US\$) // World Bank Group. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/FI.RES.TOTL.CD> (дата обращения 10.08.2025)

и нормализованы относительно среднего геометрического курсов выбранной корзины валют, что обеспечивает их независимость от базовой валюты, доллара США (USD):

$$NVAL_i(t) = \frac{Val_{ij}(t)}{\sqrt[n]{\prod_{r=1}^n Val_{rj}(t)}}, \quad (1)$$

где $NVAL_i(t)$ – нормализованный курс валюты i в момент времени t ; $Val_{ij}(t)$ – кросс-курс валюты i при базовой валюте j в момент времени t ; $Val_{rj}(t)$ – кросс-курс валюты r при базовой валюте j в момент времени t в выражении для вычисления среднего геометрического кросс-курсов; n – общее количество рассматриваемых валют, $n = 5$ для корзины из BRL, RUB, INR, CNY и базовой валюты USD.

Затем был вычислен ИИСВ всех валют:

$$RVAL_i(t) = \frac{NVAL_i(t)}{NVAL_i(t_0)} \quad (2)$$

где $RVAL_i(t)$ – ИИСВ валюты i в момент времени t ; t_0 – момент времени, ИИСВ которого принимается равным 1 (начальный момент времени для расчетного периода t_0 равен 01.01.2020 г., для валидационного – 01.01.2024 г.).

Волатильность курсов валют оценивается по статистическим показателям эмпирического временного ряда. В частности, используется матрица исправленных корреляционных моментов, элементы которой вычисляются по формулам:

$$cov(i, j) = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{t=t_0}^T (RVAL_i(t) - \underline{RVAL}_i) \cdot (RVAL_j(t) - \underline{RVAL}_j), \quad (3)$$

$$\underline{RVAL}_i = \frac{1}{N} \sum_{t=t_0}^T RVAL_i(t), \quad (4)$$

где $cov(i, j)$ – исправленный корреляционный момент между валютами i и j ; T – конечный момент времени выборки; t_0 – начальный момент времени выборки; \underline{RVAL}_i – среднее значение ИИСВ валюты i в выборке; N – объем выборки.

Следует отметить, что в настоящем исследовании используются показатели описательной статистики, при этом выводы или предположения относительно эргодичности процесса не делаются.

Нахождение матрицы исправленных корреляционных моментов позволяет перейти к постановке и решению задачи определения состава СКВ, который характеризуется удельным весом каждой валюты в корзине. Токен, обеспеченный фондом СКВ стран БРИКС, обозначается BCOI. Для него ИИСВ будет определяться как:

$$RVAL_{BCOI}(t) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot RVAL_i(t), \quad (5)$$

где $RVAL_{BCOI}(t)$ – ИИСВ BCOI в момент времени t ; w_i – удельный вес валюты i в СКВ; $n = 4$ – количество валют в корзине BCOI (BRL, RUB, INR и CNY).

Проблема определения w_i сформулирована в виде многокритериальной задачи оптимизации. В качестве критериев выбраны экономические характеристики платежного токена – волатильность, ликвидность, стабильность стоимости и обеспеченность. Постановка задачи оптимизации включает в себя формулирование целевой функции, ограничений и вида искомого экстремума (минимум или максимум). Для этого требуется формализация следующих экономических характеристик.

1. Волатильность корзины оценивается по ее дисперсии V , которая вычисляется по элементам матрицы корреляционных моментов входящих в нее валют $cov(i, k)$ и удельным весам w_i, w_k для всех возможных пар валют i и k :

$$V = \sum_{i, k=1}^n w_i \cdot w_k \cdot cov(i, k). \quad (6)$$

2. В качестве характеристики ликвидности взят показатель объема сырьевого экспорта. Например, данный параметр учитывался на одном из первых этапов оценки стоимости СДР, когда в корзину были включены валюты 16-ти стран, имевших более 1% в мировом экспорте. Ликвидность платежного токена, обеспеченного СКВ BRICS, напрямую зависит от желания принимать этот инструмент в оплату экспорта. Возможности стран по экспорту товаров, имеющих устойчивый спрос в мире, позволят таким странам номинировать часть экспорта в единицах платежного токена BCOI. Поэтому размеры именно сырьевого экспорта стран-членов единого трансграничного платежного пространства особенно важны на началь-

ном этапе использования в ТПИ данного пространства платежного токена, обеспеченного фондом СКВ, состоящего из национальных валют данных государств. Для оценки сырьевого экспорта взята сумма экспорта сельскохозяйственной продукции, полезных ископаемых, топлива, продукции черной металлургии и продуктов химической промышленности. Дисбаланс L между удельными весами валют в СКВ и вкладом каждой страны в объем сырьевого экспорта объединения определяется выражением:

$$L = \sum_{i=1}^n \left(w_i - \frac{EXP_i}{\sum_{r=1}^n EXP_r} \right)^2, \quad (7)$$

где EXP_i, EXP_r – величина годового сырьевого экспорта страны, имеющей i -ую (r -ую) валюту в качестве национальной.

3. В качестве характеристики стабильности стоимости использован показатель кредитоспособности в виде размера национальных международных резервов. Данные резервы важны для обеспечения доверия к возможности стран, обеспечивающих фонд СКВ BRICS своими национальными валютами, осуществлять обязательства по обмену VCOI на эти валюты. Дисбаланс между удельными весами валют в СКВ и вкладом каждой страны в обеспечение стабильности стоимости определяется выражением:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(w_i - \frac{RSV_i}{\sum_{r=1}^n RSV_r} \right)^2, \quad (8)$$

где RSV_i, RSV_r – величины международных резервов страны, имеющей i -ую (r -ую) валюту в качестве национальной.

4. В качестве характеристики обеспеченности, в дополнение к требованию обеспечения платежного токена фондом СКВ BRICS, введен параметр верхнего лимита удельного веса национальной валюты в данной корзине. Ни одна из валют стран БРИКС не должна иметь доли, превышающей 50%. В противном случае могут возникнуть юридические коллизии при принятии решений о развитии VCOI, как, например, это произошло в МВФ при ратификации Конгрессом США решения о дополнительной эмиссии СДР. Данное требование будет учитываться ограничениями.

Объединяя все характеристики, формируется целевая функция:

$$F(\mathbf{w}) = \alpha \cdot V + \beta \cdot K \cdot L + \gamma \cdot K \cdot S \quad (9)$$

с ограничениями:

$$\forall i: 0 \leq w_i \leq 0.5, \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad (10)$$

где α, β, γ – неотрицательные коэффициенты, характеризующие удельный вес каждого слагаемого (критерия); K – коэффициент выравнивания весов первого слагаемого с последующими (без учета α, β и γ).

Одновременное рассмотрение зачастую противоречащих друг другу критериев сводится к поиску оптимума. Неотрицательные коэффициенты позволяют количественно задать показатель значимости соответствующего критерия (волатильности соответствует α , ликвидности – β , стабильности стоимости – γ): чем больше значение, тем больше приоритет у критерия при оптимизации. Данные коэффициенты выбираются методом экспертной оценки так, чтобы выполнялось $\alpha + \beta + \gamma = 1$. В рассматриваемом случае коэффициенты $cov(i, k)$ имеют порядок $1e-3$. Поэтому примем $K = 1e-3$ в дальнейших расчетах, чтобы α, β и γ имели одинаковое влияние при одинаковых значениях.

В итоге задача поиска весов СКВ BRICS сводится к минимизации целевой функции (9) при выполнении ограничений (10).

Минимизация проводилась численным методом внутренней точки доверительной области (trust-region interior point method) [30]. В качестве начального приближения были выбраны равные доли ($w_{BRL} = 0.25$, $w_{RUB} = 0.25$, $w_{INR} = 0.25$, $w_{CNY} = 0.25$). Алгоритм успешно завершил работу по достижении нормы градиента лагранжиана меньше $1e-8$ за 20 ± 5 итераций.

Примечательно влияние доли размера экспорта на волатильность платежного токена. Особенность рассматриваемой СКВ заключается в том, что доля экспорта Китая превышает вклад остальных стран (Китай на 2023 г. являлся страной с самым большим общим экспортом в мире¹⁷). На основе исключительно сырьевого экспорта веса выглядят следующим образом:

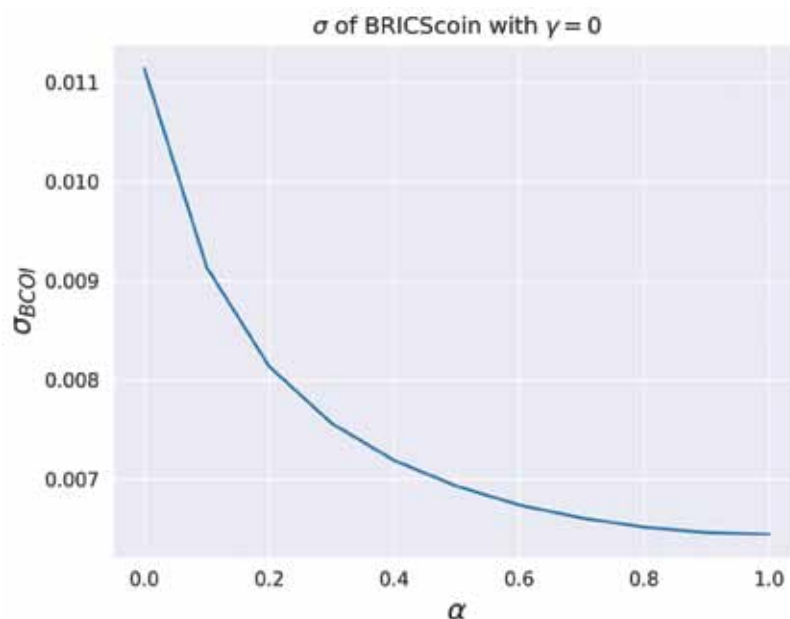
¹⁷ Merchandise Trade // World Trade Organization. URL: https://stats.wto.org/dashboard/merchandise_en.html (дата обращения 10.08.2025)

$$w_{BRL} \approx 0.20, w_{RUB} \approx 0.24, w_{INR} \approx 0.17, w_{CNY} \approx 0.39.$$

Если учитывать требование минимизации волатильности и все ограничения без требований к резервам ($\gamma = 0$), то получается:

$$\begin{aligned} \alpha = 0.0, \beta = 1.0: & w_{BRL} \approx 0.20, w_{RUB} \approx 0.24, w_{INR} \approx 0.17, w_{CNY} \approx 0.39; \\ \alpha = 0.1, \beta = 0.9: & w_{BRL} \approx 0.24, w_{RUB} \approx 0.23, w_{INR} \approx 0.16, w_{CNY} \approx 0.37; \\ \alpha = 0.2, \beta = 0.8: & w_{BRL} \approx 0.25, w_{RUB} \approx 0.23, w_{INR} \approx 0.17, w_{CNY} \approx 0.35; \\ \alpha = 0.3, \beta = 0.7: & w_{BRL} \approx 0.27, w_{RUB} \approx 0.23, w_{INR} \approx 0.17, w_{CNY} \approx 0.33; \\ \alpha = 0.4, \beta = 0.6: & w_{BRL} \approx 0.28, w_{RUB} \approx 0.23, w_{INR} \approx 0.17, w_{CNY} \approx 0.32; \\ \alpha = 0.5, \beta = 0.5: & w_{BRL} \approx 0.28, w_{RUB} \approx 0.23, w_{INR} \approx 0.18, w_{CNY} \approx 0.31; \\ \alpha = 0.6, \beta = 0.4: & w_{BRL} \approx 0.29, w_{RUB} \approx 0.22, w_{INR} \approx 0.19, w_{CNY} \approx 0.30; \\ \alpha = 0.7, \beta = 0.3: & w_{BRL} \approx 0.29, w_{RUB} \approx 0.23, w_{INR} \approx 0.20, w_{CNY} \approx 0.28; \\ \alpha = 0.8, \beta = 0.2: & w_{BRL} \approx 0.29, w_{RUB} \approx 0.23, w_{INR} \approx 0.21, w_{CNY} \approx 0.27; \\ \alpha = 0.9, \beta = 0.1: & w_{BRL} \approx 0.30, w_{RUB} \approx 0.22, w_{INR} \approx 0.22, w_{CNY} \approx 0.26; \\ \alpha = 1.0, \beta = 0.0: & w_{BRL} \approx 0.30, w_{RUB} \approx 0.22, w_{INR} \approx 0.23, w_{CNY} \approx 0.25. \end{aligned}$$

На рис. 1 приведена зависимость исправленного выборочного стандартного отклонения σ_{BCOI} от α при $\gamma = 0$.



Разработано авторами.

Рис. 1. Зависимость исправленного выборочного стандартного отклонения

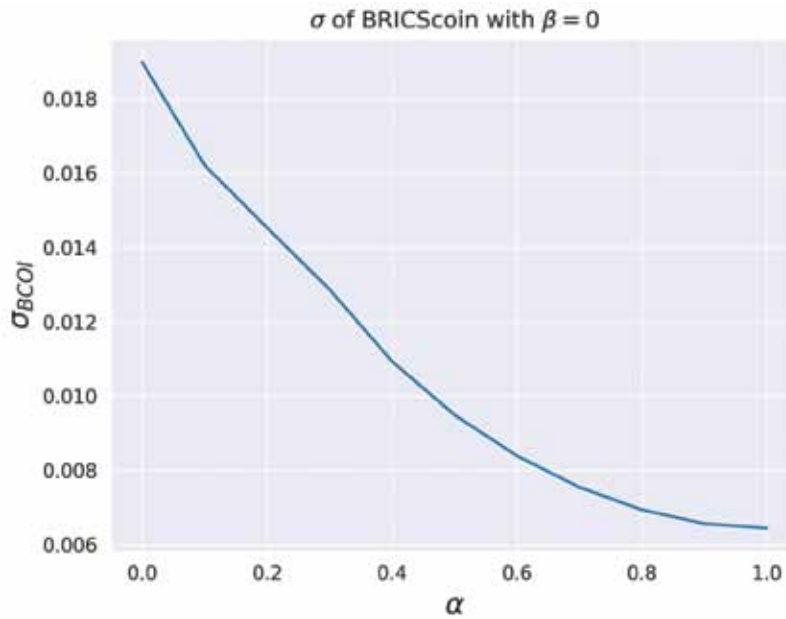
Developed by the authors.

Fig. 1. Relationship of the unbiased sample standard deviation

С увеличением α волатильность платежного токена падает, но при этом состав СКВ становится независимым от доли стран в экспорте.

Ситуация с влиянием резервов на σ_{BCOI} аналогична, и потому подробно рассматриваться не будет. График зависимости волатильности курса от α при $\beta = 0$ изображен на рис. 2.

Таким образом, при выборе α, β, γ необходимо определить важность каждой экономической характеристики в модели платежного токена. Далее в расчетах используются значения: $\alpha = 0.4, \beta = 0.4, \gamma = 0.2$. Результатом минимизации оптимизационной функции стали следующие коэффициенты: $w_{BRL} \approx 0.26, w_{RUB} \approx 0.23, w_{INR} \approx 0.15, w_{CNY} \approx 0.36$.



Разработано авторами.

Рис. 2. Зависимость исправленного выборочного стандартного отклонения BCOI от α при β = 0

Developed by the authors.

Fig. 2. Relationship between the unbiased sample standard deviation of BCOI and α given β = 0

Из весов w_i можно получить количество каждой валюты q_i в единице BCOI согласно соотношению:

$$q_i = \frac{w_i}{val_{ij}(t_0)} \cdot \mu \tag{11}$$

При $\mu = 1$, что соответствует цене корзины в 1 USD на момент t_0 , получается:

$$q_{BRL} \approx 1.06, q_{RUB} \approx 14.04, q_{INR} \approx 10.70, q_{CNY} \approx 2.50.$$

Матрица исправленных корреляционных моментов BCOI и национальных валют СКВ BRICS приведена в табл. 2.

Следует обратить внимание на высокую корреляцию между BCOI и CNY. В перспективе это может негативно сказаться на устойчивости курса пла-

тежного инструмента к волатильности юаня. Однако такая ситуация возникла из-за учета важных экономических характеристик платежного токена, ликвидности и стабильности стоимости. Китай имеет самую большую долю экспорта и международных резервов, поэтому его роль в СКВ имеет повышенное значение по сравнению с корзиной, учитывающей лишь характеристику волатильности.

Исправленные стандартные отклонения выборки приведены в табл. 3.

Волатильность BCOI на порядок ниже волатильности любой валюты, составляющей СКВ. При этом она несколько выше, чем в случае корзины, учитывающей лишь волатильность курса (0.008 против 0.006).

Таблица 2

Матрица исправленных корреляционных моментов BCOI и национальных валют СКВ BRICS

Table 2

Matrix of unbiased correlation moments of BCOI and the national currencies of the BRICS stable currency basket

Валюта	BRL	RUB	INR	CNY	BCOI
BRL	1.00	-0.52	-0.23	-0.23	-0.22
RUB	-0.52	1.00	-0.54	-0.61	0.01
INR	-0.23	-0.54	1.00	0.59	0.15
CNY	-0.23	-0.61	0.59	1.00	0.57
BCOI	-0.22	0.01	0.15	0.57	1.00

Разработано авторами.

Developed by the authors.

Таблица 3

Исправленные стандартные отклонения выборки BCOI и национальных валют СКВ BRICS

Table 3

Unbiased sample standard deviations of BCOI and the national currencies of the BRICS stable currency basket

Показатель	BRL	RUB	INR	CNY	BCOI
σ	0.060	0.100	0.040	0.050	0.008

Разработано авторами.

Developed by the authors.

Графики ИИСВ для валют стран БРИКС на промежутке времени расчетного набора данных приведены на рис. 3.

Альтернативная модель платежного токена на основе СКВ WEST

Для иллюстрации альтернативного варианта платежного токена, обеспеченного СКВ, рассмотрим токен, обеспеченный корзиной следующих валют: доллара США (USD), евро (EUR), фунта стерлингов (GBP) и японской йены (JPY) – СКВ WEST (WCOI). Путем применения изложенной выше методики получены следующие результаты.

Коэффициенты, полученные в результате оптимизации параметров модели:

$$w_{USD} \approx 0.25, w_{EUR} \approx 0.41, w_{GBP} \approx 0.10, w_{JPY} \approx 0.24,$$

или соответствующая СКВ:

$$q_{USD} \approx 0.25, q_{EUR} \approx 0.36, q_{GBP} \approx 0.07, q_{JPY} \approx 26.54.$$

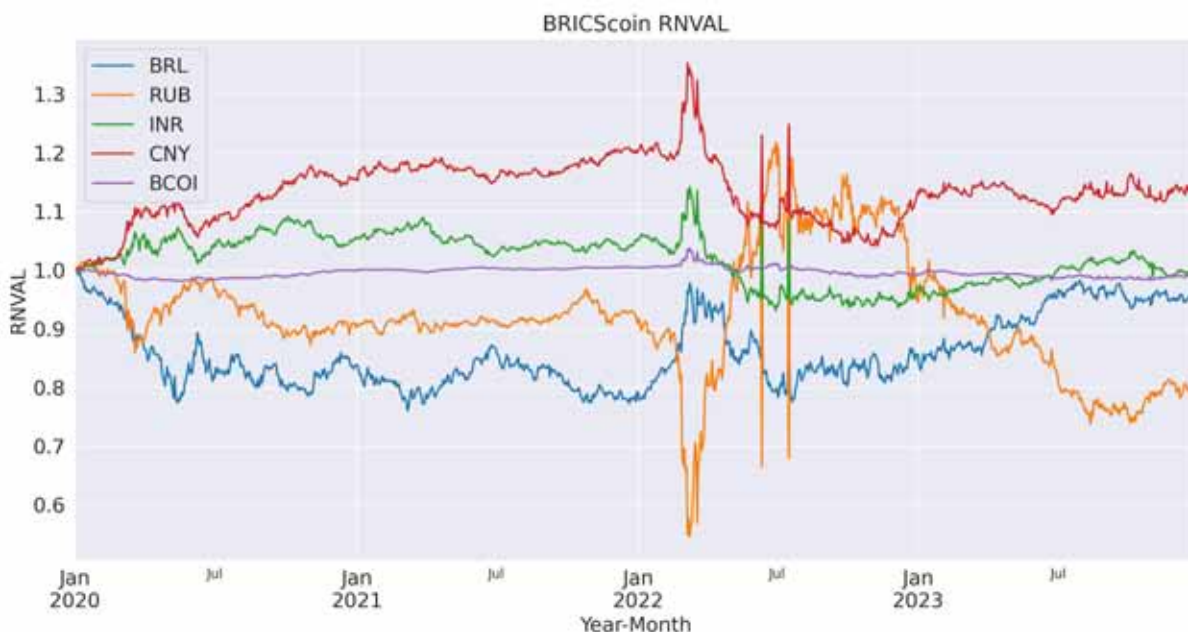
Матрица исправленных корреляционных моментов WCOI и национальных валют корзины WEST приведена в табл. 4.

Исправленные стандартные отклонения выборки приведены в табл. 5.

Волатильность WCOI на порядок ниже волатильности любой валюты, составляющей корзину. Графики ИИСВ для валют WEST на промежутке времени расчетного набора данных приведены на рис. 4.

Валидация модели

Проверка модели осуществлена на валидационном наборе данных, включающем различные валюты. Проведено тестирование результатов влияния этих валют на волатильность платежного токена. Дополнительно рассмотрен промежуток времени, следующий за выборкой, и проверено, как полученные в результате моделирования веса национальных валют в СКВ проявят себя в будущем.



Разработано авторами.

Рис. 3. ИИСВ BCOI и национальных валют СКВ BRICS

Developed by the authors.

Fig. 3. Invariant indices of currency value BCOI and the national currencies within the BRICS stable currency basket

Таблица 4

Матрица исправленных корреляционных моментов WCOI и национальных валют СКВ WEST

Table 4

Matrix of unbiased correlation moments of WCOI and the national currencies of the WEST stable currency basket

Валюта	USD	EUR	GBP	JPY	WCOI
USD	1.00	0.13	0.21	-0.84	0.46
EUR	0.13	1.00	0.52	-0.54	0.53
GBP	0.21	0.52	1.00	-0.67	-0.29
JPY	-0.84	-0.54	-0.67	1.00	-0.34
WCOI	0.46	0.53	-0.29	-0.34	1.00

Разработано авторами.

Developed by the authors.

Таблица 5

Исправленные стандартные отклонения выборки валют WCOI и национальных валют СКВ WEST

Table 5

Unbiased sample standard deviations of WCOI and the national currencies of the WEST stable currency basket

Показатель	USD	EUR	GBP	JPY	WCOI
σ	0.06	0.02	0.03	0.07	0.005

Разработано авторами.

Developed by the authors.



Разработано авторами.

Рис. 4. ИИСВ WCOI и валют СКВ WEST

Developed by the authors.

Fig. 4. Invariant indices of currency value WCOI and the currencies of the WEST stable currency basket

Результаты расчета ИИСВ и исправленных стандартных отклонений выборки национальных валют и платежных токенов, обеспеченных СКВ, приведены в табл. 6.

Во-первых, волатильность платежного токена предсказуемо увеличилась. Во-вторых, если на проверочном периоде волатильность WCOI была ниже волатильности BCOI, то на валидационном

периоде ситуация изменилась. В частности, волатильность WCOI стала выше волатильности BRL. В то же время, волатильность VCOI осталась самой низкой в списке.

Выводы

Научная новизна исследования заключается в разработке модели платежного токена в ТПИ на основе технологии распределенного реестра, который удовлетворяет экономическим характеристикам обеспеченности, стабильности стоимости, ликвидности и низкой волатильности, следовательно, может служить инструментом осуществления трансграничных платежей. В модели применен ИИСВ, который обеспечивает независимую от выбора базовой валюты методологическую основу для оптимизации числовых показателей платежного токена.

С практической точки зрения модель может быть задействована в платежном пространстве существующих международных объединений, а также использована в случае расширения такого пространства за счет присоединения новых стран-участниц. Модель применена для определения весов национальных валют в СКВ стран БРИКС с опорой на независимую от внешней базисной валюты структуру относительных стоимостей. Фонд СКВ стран БРИКС включает китайский юань, российский рубль, индийскую рупию и бразильский реал, имеющие на использованном наборе статистических данных с 01.01.2020 г. по 31.12.2023 г. веса 0.36, 0.23, 0.15 и 0.26 соответственно. Исходя из кросс-курсов указанных национальных валют на дату формирования модели платежного токена, он обеспечивается 2.50 CNY, 14.04 RUB, 10.70 INR и 1.06 BRL. В качестве альтернативной сформирована модель платежного токена для трансграничного платежного пространства стран Запада, обеспеченного долларом США, евро, фунтом стерлингов и японской йеной с весами 0.25, 0.36, 0.07 и 0.24 соответственно. Волатиль-

ность такого токена также ниже волатильности любой отдельной валюты в корзине. Проверка обеих моделей на тестовой выборке подтвердила валидность полученных результатов.

Использование стабильного платежного токена в подсистеме денежного оборота поддержит бесперебойное функционирование инновационной ТПИ на основе технологии распределенного реестра и доступность осуществления трансграничных расчетов для экономических субъектов стран-участниц трансграничного платежного пространства БРИКС. Данный вывод имеет безусловную практическую значимость для Банка России с целью обеспечения развития национальной цифровой инфраструктуры, а также для сохранения недискриминационного доступа к инфраструктуре трансграничных расчетов.

Внедрение модели на практике усложняется рисками, сопровождающими формирование ТПИ на основе технологии распределенного реестра, подробный анализ которых является предметом отдельного исследования. Проблематика имплементации платежного токена в рамках единого трансграничного платежного пространства усугубляется необходимостью разработки нормативного правового регулирования в части правоотношений между субъектами платежной инфраструктуры, использующими платежный токен как средство платежа, а также потребностью в гармонизации такого регулирования и внедрении действенных механизмов обработки спорных ситуаций.

Вспомогательные экономические характеристики платежного токена, такие как интероперабельность, масштабируемость, транзакционная нейтральность и экономическая обособленность, также являются предметом дальнейших исследований. В части одного из научных направлений можно указать разработку методики определения расписания обновления весов национальных валют в СКВ.

Список источников

1. *Rauchs M., Glidden A., Gordon B., Pieters G.C., Recanatini M., Rostand F., Vagneur K., Zhang B.Z.* Distributed ledger technology systems: A conceptual framework // SSRN Electronic Journal. 2018. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3230013>
2. *Амосова Н.А.* Глобальные тенденции развития банковского дела // Банковские услуги. 2024. № 8. С. 10–21. EDN: <https://elibrary.ru/qgwbay>
3. *Tang Yu.* Central bank digital currencies: A comprehensive study of characteristics, implications and future perspectives // *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2023. Vol. 65. Iss. 1. P. 232–238. EDN: <https://elibrary.ru/earnpe>. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/65/20231641>
4. *Gandal N., Hataburda H.* Can we predict the winner in a market with network effects? Competition in cryptocurrency market // *Games*. 2016. Vol. 7. Iss. 3. P. 16. <https://doi.org/10.3390/g7030016>

5. Исследования по общей теории систем: Сборник переводов / общ. ред. и вст. ст. Садовского В.Н. и Юдина Э.Г. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82. URL: https://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy_1.html (дата обращения: 10.08.2025)
6. Дюдикова Е.И., Куницына Н.Н. Парадоксы имплементации цифрового рубля в денежный оборот // Вопросы экономики. 2024. № 4. С. 148–158. EDN: <https://elibrary.ru/xjoygs>.
<https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-4-148-158>
7. Chang H.-J. Institutions and economic development: theory, policy and history // Journal of Institutional Economics. 2011. Vol. 7. Iss. 4. P. 473–498. <https://doi.org/10.1017/S1744137410000378>
8. Дубова С.Е. Тренды индустрии финансовых услуг и их влияние на развитие экосистем // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2024. № 3(147). С. 39–45. EDN: <https://elibrary.ru/gvqbsc>
9. Абрамова М.А., Криворучко С.В., Луняков О.В., Фиापшев А.Б. Теоретико-методологический взгляд на предпосылки возникновения и особенности функционирования децентрализованных финансов // Финансы: теория и практика. 2025. Т. 29. № 1. С. 80–96. EDN: <https://elibrary.ru/qicsea>.
<https://doi.org/10.26794/2587-5671-2025-29-1-80-96>
10. Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М.: Советское радио, 1969. 215 с. URL: <https://pqm-online.com/assets/files/lib/books/optner.pdf> (дата обращения: 10.08.2025)
11. Морозко Н.И., Диденко В.Ю. Механизмы децентрализованного финансирования: проблемы и возможности // Экономика. Налоги. Право. 2025. Т. 18. № 1. С. 63–72. <https://elibrary.ru/gwsrsf>.
<https://doi.org/10.26794/1999-849X-2025-18-1-63-72>
12. Зеленева Е.С., Ильинская В.П. Возможности и риски токенизации банковских депозитов в России // Банковское дело. 2025. № 2. С. 26–31. EDN: <https://elibrary.ru/rffwfz>
13. Peirce C.S. What pragmatism is // The Monist. 1905. Vol. 15. Iss. 2. P. 161–181. <https://doi.org/10.5840/monist190515230>
14. Джеймс У. Прагматизм: новое название для некоторых старых методов мышления: Популярная лекция по философии: пер. с англ. Изд. 3-е. М.: ЛКИ, 2011. 240 с. URL: <https://unis.shpl.ru/Pages/Search/BookInfo.aspx?id=797354&ysclid=mgws9m1xla785638752> (дата обращения: 10.08.2025)
15. Dewey J. Experience and nature. 2nd ed. La Salle, Ill.: Open Court Publishing, 1958. 486 p. URL: https://reflexus.org/wp-content/uploads/Dewey.John_..Experience-and-Nature-1925-1929.pdf (дата обращения: 10.08.2025)
16. Simon H.A. A behavioral model of rational choice // The Quarterly Journal of Economics. 1955. Vol. 69. Iss. 1. P. 99–118. <https://doi.org/10.2307/1884852>
17. Kakushadze Z., Russo R.P.Jr. Blockchain: data malls, coin economies and keyless payments // arXiv. Cornell University. 2018. arXiv:1802.07422. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.07422>
18. Goodell G. Token-based payment systems // arXiv. Cornell University. 2024. arXiv:2207.07530. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.07530>
19. Commons J.R. Institutional economics // The American Economic Review. 1936. Vol. 26. Iss. 1. P. 237–249. URL: <https://www.jstor.org/stable/1807784> (дата обращения: 10.08.2025)
20. Kaufman B.E. The institutional economics of John R. Commons: Complement and substitute for neoclassical economic theory // Socio-Economic Review. 2008. Vol. 5. Iss. 1. P. 3–45. <https://doi.org/10.1093/ser/mwl016>
21. North D.C. Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge University Press, 1990. 152 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678>
22. Coase R.H. The problem of social cost // The Journal of Law and Economics. 1960. Vol. 3. P. 1–44. URL: <http://www.jstor.org/stable/724810> (дата обращения: 10.08.2025)
23. Криворучко С.В., Достов В.Л., Шуст П.М., Ризванова И.А. Методология типизации финансовых услуг в контексте защиты прав потребителей // Креативная экономика. 2024. Т. 18. № 5. С. 1289–1308. EDN: <https://elibrary.ru/pumwoi>. <https://doi.org/10.18334/ce.18.5.120986>
24. Triffin R. Gold and the dollar crisis: the future of convertibility. New Haven: Yale University Press, 1960. 220 p. URL: <https://archive.org/details/golddollarcrisi00trif> (дата обращения: 10.08.2025)
25. Андрушин С.А. Централизованные и децентрализованные денежные системы // Вопросы теоретической экономики. 2018. № 1(2). С. 26–49. EDN: <https://elibrary.ru/usppyz>.
<https://doi.org/10.24411/2587-7666-2018-00002>

26. Крылова Л.В. Возможность использования цифровых валют для трансграничных платежей в условиях санкций // *Финансы: теория и практика*. 2024. Т. 28. № 2. С. 101–111. EDN: <https://elibrary.ru/eziyhg>. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2024-28-2-101-111>
27. Giudici P., Leach T., Pagnottoni P. Libra or Librae? Basket based stablecoins to mitigate foreign exchange volatility spillovers // *Finance Research Letters*. 2022. Vol. 44. P. 102054. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102054>
28. Hovanov N.V., Kolari J.W., Sokolov M.V. Computing currency invariant indices with an application to minimum variance currency baskets // *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2004. Vol. 28. Iss. 8. P. 1481–1504. [https://doi.org/10.1016/S0165-1889\(02\)00087-8](https://doi.org/10.1016/S0165-1889(02)00087-8)
29. Humphrey T.M., Lawler T. Factors determining exchange rates: A simple model and empirical tests // *FRB Richmond Economic Review*. 1977. Vol. 63. Iss. 3. P. 10–15. URL: <https://ssrn.com/abstract=2116486> (дата обращения: 10.08.2025)
30. Byrd R.H., Gilbert J.Ch., Nocedal J. A trust region method based on interior point techniques for nonlinear programming // *Mathematical Programming*. 2000. Vol. 89. P. 149–185. EDN: <https://elibrary.ru/avtxyr>. <https://doi.org/10.1007/PL00011391>

Статья поступила в редакцию 18.08.2025; одобрена после рецензирования 16.10.2025; принята к публикации 09.11.2025

Об авторах:

Акулинкин Станислав Сергеевич, кандидат экономических наук; научный сотрудник Института финансовых исследований; SPIN-код: 5437-2980; Researcher ID: JTW-3958-2023

Горгадзе Владимир Вячеславович, PhD (Физика); доцент, заведующий кафедрой блокчейн ФПМИ МФТИ; SPIN-код: 3130-1696; Researcher ID: MAI-3080-2025

Дымков Михаил Алексеевич, Аспирант

Вклад авторов:

Акулинкин С. С. – научное руководство; формулирование целей и задач исследования; развитие методологии; подготовка обзора литературы и исследований; проведение экономического анализа предмета исследования; формирование модели и выводов.

Горгадзе В. В. – научное руководство; развитие методологии; проведение критического анализа материалов и формирование выводов; верификация модели; перевод на английский язык.

Дымков М. А. – проведение критического анализа материалов и формирование выводов; построение математической модели; сбор данных; проведение вычислительных экспериментов; подготовка начального варианта практической части текста.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Rauchs M., Glidden A., Gordon B., Pieters G.C., Recanatini M., Rostand F., Vagneur K., Zhang B.Z. Distributed ledger technology systems: A conceptual framework. *SSRN Electronic Journal*. 2018. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3230013> (In Eng.)
2. Amosova N.A. Global trends in banking development. *Banking services*. 2024; (8):10–21. EDN: <https://elibrary.ru/qgwbay> (In Russ.)
3. Tang Yu. Central bank digital currencies: A comprehensive study of characteristics, implications and future perspectives. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2023; 65(1):232–238. EDN: <https://elibrary.ru/earnpe>. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/65/20231641> (In Eng.)
4. Gandal N., Halaiburda H. Can we predict the winner in a market with network effects? Competition in cryptocurrency market. *Games*. 2016; 7(3):16. <https://doi.org/10.3390/g7030016> (In Eng.)
5. Bertalanffy L. General system theory – A critical review. *General Systems*. 1962; VII:1–20. (In Eng.) (Russ. ed.: *Studies in general systems theory: a collection of translations*. General editors and introductory article by V.N. Sadovsky and E.G. Yudin. Moscow: Progress, 1969. P. 23–82)
6. Dyudikova E.I., Kunitsyna N.N. Paradoxes of the digital ruble implementation In *Monetary Turnover*. *Voprosy Ekonomiki*. 2024; 4:148–158. EDN: <https://elibrary.ru/xjoygs>. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-4-148-158> (In Russ.)

7. Chang H.-J. Institutions and economic development: theory, policy and history. *Journal of Institutional Economics*. 2011; 7(4):473–498. <https://doi.org/10.1017/S1744137410000378> (In Eng.)
8. Dubova S.E. Financial services industry trends and their impact on ecosystem development. *Izvestiâ Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo èkonomičeskogo universiteta*. 2024; (3(147)):39–45. EDN: <https://elibrary.ru/gvqbsc> (In Russ.)
9. Abramova M.A., Krivoruchko S.V., Lunyakov O.V., Fiapshv A.B. Theoretical and methodological perspective on the prerequisites of emergence and peculiarities of the functioning of decentralized finance. *Finance: theory and practice*. 2025; 29(1):80–96. EDN: <https://elibrary.ru/qicsea>. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2025-29-1-80-96> (In Russ.)
10. Optner S.L. Systems analysis for business and industrial problems solving. Englewood Cliffs N.J.: Prentice-Hall, 1965. 116 p. URL: <https://catalogue.nla.gov.au/catalog/1397699> (accessed: 10.08.2025) (In Eng.) (Russ. ed.: Optner S. Systems analysis for solving business and industrial problems. Moscow: Soviet Radio, 1969. 215 p.)
11. Morozko N.I., Didenko V.Yu. Mechanisms of decentralized financing: challenges and opportunities. *Economy. Taxes. Law*. 2025; 18(1):63–72. <https://elibrary.ru/gwsrsf>. <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2025-18-1-63-72> (In Russ.)
12. Zeleneva E.S., Ilyinskaya V.P. Opportunities and risks of tokenization of bank deposits in Russia. *Banking*. 2025; (2):26–31. EDN: <https://elibrary.ru/rtfwfz> (In Russ.)
13. Peirce C.S. What pragmatism is. *The Monist*. 1905; 15(2):161–181. <https://doi.org/10.5840/monist190515230> (In Eng.)
14. James W. Pragmatism, a new name for some old ways of thinking: Popular lectures on philosophy. Longmans, Green, and Company, 1940. 308 p. URL: https://books.google.ru/books?id=wChbyQEACAAJ&redir_esc=y (accessed: 10.08.2025) (In Eng.) (Russ. James W. Pragmatism: A new name for some old methods of thinking: Popular lectures on philosophy / Trans. from English. 3rd ed. Moscow: LKI, 2011. 240 p.)
15. Dewey J. Experience and nature. 2nd ed. La Salle, Ill.: Open Court Publishing, 1958. 486 p. URL: https://reflexus.org/wp-content/uploads/Dewey.John_.Experience-and-Nature-1925-1929.pdf (accessed: 10.08.2025) (In Eng.)
16. Simon H.A. A behavioral model of rational choice. *The Quarterly Journal of Economics*. 1955; 69(1):99–118. <https://doi.org/10.2307/1884852> (In Eng.)
17. Kakushadze Z., Russo R.P.Jr. Blockchain: data malls, coin economies and keyless payments. *arXiv. Cornell University*. 2018. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1802.07422> (In Eng.)
18. Goodell G. Token-based payment systems. *arXiv. Cornell University*. 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.07530> (In Eng.)
19. Commons J.R. Institutional economics. *The American Economic Review*. 1936; 26(1):237–249. URL: <https://www.jstor.org/stable/1807784> (accessed: 10.08.2025). (In Eng.)
20. Kaufman B.E. The institutional economics of John R. Commons: Complement and substitute for neoclassical economic theory. *Socio-Economic Review*. 2008; 5(1):3–45. <https://doi.org/10.1093/ser/mwl016> (In Eng.)
21. North D.C. Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge University Press, 1990. 152 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678> (In Eng.)
22. Coase R.H. The problem of social cost. *The Journal of Law and Economics*. 1960; 3:1–44. URL: <http://www.jstor.org/stable/724810> (accessed: 10.08.2025) (In Eng.)
23. Krivoruchko S.V., Dostov V.L., Shust P.M., Rizvanova I.A. Methodology of typification of financial services in the context of consumer rights protection. *Creative Economy*. 2024; 18(5):1289–1308. EDN: <https://elibrary.ru/pumwoi>. <https://doi.org/10.18334/ce.18.5.120986> (In Russ.)
24. Triffin R. Gold and the dollar crisis: the future of convertibility. New Haven: Yale University Press, 1960. 220 p. URL: <https://archive.org/details/golddollarcrisi00trif> (accessed: 10.08.2025) (In Eng.)
25. Andryushin S.A. Centralized and decentralized monetary systems. *Issues of economic theory*. 2018; (1(2)):26–49. EDN: <https://elibrary.ru/usppyz>. <https://doi.org/10.24411/2587-7666-2018-00002> (In Russ.)

26. Krylova L.V. Digital currencies in cross-border payments: use under sanctions. *Finance: theory and practice*. 2024; 28(2):101–111. EDN: <https://elibrary.ru/eziyhg>.
<https://doi.org/10.26794/2587-5671-2024-28-2-101-111> (In Russ.)
27. Giudici P., Leach T., Pagnottoni P. Libra or Librae? Basket based stablecoins to mitigate foreign exchange volatility spillovers. *Finance Research Letters*. 2022; 44:102054. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102054> (In Eng.)
28. Hovanov N.V., Kolari J.W., Sokolov M.V. Computing currency invariant indices with an application to minimum variance currency baskets. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 2004; 28(8):1481–1504. [https://doi.org/10.1016/S0165-1889\(02\)00087-8](https://doi.org/10.1016/S0165-1889(02)00087-8) (In Eng.)
29. Humphrey T.M., Lawler T. Factors determining exchange rates: A simple model and empirical tests. *FRB Richmond Economic Review*. 1977; 63(3):10–15. URL: <https://ssrn.com/abstract=2116486> (accessed: 10.08.2025) (In Eng.)
30. Byrd R.H., Gilbert J.Ch., Nocedal J. A trust region method based on interior point techniques for nonlinear programming. *Mathematical Programming*. 2000; 89:149–185. EDN: <https://elibrary.ru/avtxyr>.
<https://doi.org/10.1007/PL00011391> (In Eng.)

The article was submitted 18.08.2025; approved after reviewing 16.10.2025; accepted for publication 09.11.2025

About the authors:

Stanislav S. Akulinkin, Candidate of Economic Sciences; Research Fellow at the Institute for Financial Research; SPIN: 5437-2980; Researcher ID: JTW-3958-2023

Vladimir V. Gorgadze, PhD in Physics; Associate Professor, Head of the Blockchain Department, MIPT; SPIN: 3130-1696; Researcher ID: MAI-3080-2025

Mikhail A. Dymkov, Postgraduate student

Contribution of the Authors:

Akulinkin S. S. – scientific guidance; formation of the research goals and objectives; development of methodology; preparation of literature and research review; conducting economic analysis of the research subject; development of the model and conclusions.

Gorgadze V. V. – scientific guidance; development of methodology; critical analysis of materials and formation of conclusions; model verification; translation into English.

Dymkov M. A. – critical analysis of materials and formation of conclusions; construction of the mathematical model; data collection; computational experiments; preparation of the initial version of the practical part of the text.

All authors have read and approved the final version of the manuscript.