

Научно-исследовательский журнал «Modern Economy Success»  
<https://mes-journal.ru>

2025, № 4 / 2025, Iss. 4 <https://mes-journal.ru/archives/category/publications>

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности: 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике (экономические науки)

УДК 347.2-051.22, 347.2-051.31



<sup>1</sup>Перминов В.А.,

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

**ЦБЦБ как инструмент оптимизации трансграничных расчетов  
Казахстана: анализ на основе моделирования**

**Аннотация:** трансграничные расчеты остаются сложным и ресурсоемким процессом для многих экономик, включая Казахстан, сталкивающийся с традиционными проблемами высоких издержек, длительных сроков проведения операций и операционных рисков. Данная статья исследует потенциал цифровой валюты центрального банка (ЦБЦБ) как инструмента для оптимизации трансграничных расчетов Республики Казахстан. В качестве методологической основы применяется экономико-математическое моделирование, а именно модель стохастической оптимизации, учитывающая ключевые параметры трансграничных потоков: транзакционные издержки (комиссии за конвертацию, межбанковские сборы), скорость проведения расчетов (от момента инициирования до финального завершения) и показатели риска (кредитный, расчетный, валютный). Модель калибруется на основе данных о структуре и объемах текущих трансграничных платежей Казахстана, полученных из статистики Национального Банка РК и платежных систем, а также экспертных оценок существующих узких мест. Результаты моделирования демонстрируют значительный оптимизационный потенциал внедрения ЦБЦБ. Модель указывает на возможность существенного снижения совокупных издержек участников трансграничных расчетов (в диапазоне X%-Y% по сравнению с текущими системами) за счет устранения цепочки посредников и упрощения процесса конвертации. Одновременно достигается радикальное сокращение времени проведения операций – расчеты могут осуществляться в режиме, близком к реальному времени (T0 или T+1), вместо нескольких дней при традиционных схемах. Модель также фиксирует снижение системных рисков благодаря применению технологий распределенного реестра (DLT), обеспечивающей прозрачность и неизменность записей, и прямому участию центрального банка как оператора системы. В дискуссии подчеркивается, что реализация данного потенциала требует решения вопросов нормативно-правового регулирования, обеспечения интероперабельности с другими ЦБЦБ и традиционными системами, а также управления киберрискаами. Исследование делает вывод, что ЦБЦБ представляет собой перспективный инструмент для кардинального повышения эффективности и устойчивости трансграничных расчетов Казахстана, способствуя его дальнейшей интеграции в мировую финансовую систему.

**Ключевые слова:** цифровая валюта Центрального банка, трансграничные расчеты, Казахстан, стохастическая оптимизация, платежные системы

**Для цитирования:** Перминов В.А. ЦБЦБ как инструмент оптимизации трансграничных расчетов Казахстана: анализ на основе моделирования // Modern Economy Success. 2025. № 4. С. 433 – 440.

Поступила в редакцию: 7 апреля 2025 г.; Одобрена после рецензирования: 10 июня 2025 г.; Принята к публикации: 11 июля 2025 г.

<sup>1</sup> *Perminov V.A.,*  
<sup>1</sup> *Lomonosov Moscow State University*

### ***CBDC as a tool for optimizing cross-border settlements in Kazakhstan: an analysis based on modeling***

**Abstract:** cross-border settlements remain a complex and resource-intensive process for many economies, including Kazakhstan, which faces traditional challenges of high costs, lengthy transaction times, and operational risks. This article explores the potential of central bank digital currency (CBDC) as a tool for optimizing cross-border settlements in the Republic of Kazakhstan. The methodological foundation is an economic-mathematical model—specifically, a stochastic optimization model—that takes into account key parameters of cross-border flows: transaction costs (conversion fees, interbank charges), settlement speed (from initiation to final completion), and risk indicators (credit, settlement, and currency risk). The model is calibrated using data on the structure and volume of Kazakhstan's current cross-border payments, obtained from the statistics of the National Bank of the Republic of Kazakhstan and payment systems, as well as expert assessments of existing bottlenecks. The modeling results demonstrate significant optimization potential for the introduction of CBDC. The model indicates the possibility of substantially reducing the total costs for participants in cross-border settlements (in the range of X%–Y% compared to current systems) by eliminating intermediary chains and simplifying the conversion process. At the same time, it achieves a radical reduction in transaction times—settlements can occur in near real time (T0 or T+1) instead of taking several days under traditional schemes. The model also records a decrease in systemic risks thanks to the use of distributed ledger technology (DLT), which ensures transparency and immutability of records, and the direct participation of the central bank as the system operator. The discussion emphasizes that realizing this potential requires addressing legal and regulatory issues, ensuring interoperability with other CBDCs and traditional systems, and managing cyber risks. The study concludes that CBDC represents a promising instrument for fundamentally enhancing the efficiency and resilience of Kazakhstan's cross-border settlements, thereby promoting its further integration into the global financial system.

**Keywords:** Central bank digital currency, cross-border settlements, Kazakhstan, stochastic optimization, payment systems

**For citation:** Perminov V.A. CBDC as a tool for optimizing cross-border settlements in Kazakhstan: an analysis based on modeling. *Modern Economy Success*. 2025. 4. P. 433 – 440.

The article was submitted: April 7, 2025; Approved after reviewing: June 10, 2025; Accepted for publication: July 11, 2025.

#### **Введение**

Цифровые валюты центральных банков (ЦБЦБ) постепенно обретают статус ключевого драйвера трансформации мировой финансовой системы и вызывают значительный интерес со стороны правительств, регуляторов и участников рынка. В Казахстане оценка перспектив использования ЦБЦБ особенно актуальна в свете активизации внешнеторговых связей и стремления государства к инновационным решениям в сфере платежей [2]. Возможность оптимизации трансграничных расчетов с помощью цифровых валют центрального банка представляет интерес не только для снижения транзакционных издержек, но и для укрепления финансового суверенитета страны. При этом особое внимание специалистов привлекает вопрос о том, как именно интегрировать подобные механизмы в уже существующие финансовые и регуляторные структуры, не создавая при этом рисков для стабильности банковской системы. Таким

образом, комплексное исследование этой темы с использованием методов моделирования становится неотъемлемой частью научного и практического анализа.

#### **Материалы и методы исследований**

Для более глубокого понимания возможных сценариев применения ЦБЦБ в трансграничных расчетах целесообразно отталкиваться от опытных данных других стран, которые уже тестируют цифровые валюты [14]. При этом нельзя напрямую копировать чужие практики, так как у каждого государства есть своя специфика: уровень развития финансового рынка, культура пользования безналичными средствами, инфраструктура и законодательные ограничения. Важно разработать собственный казахстанский подход, который будет учитывать приоритеты национальной денежно-кредитной политики и особенности торговых отношений. Вопрос регулятивного контроля приобретает особую весомость, поскольку цифровая валюта, будучи

потенциально универсальным средством платежа, должна управляться с учетом принципов прозрачности и надежности. Стоит отметить, что от правильного выбора технологической платформы и механизмов идентификации также будет зависеть эффективность нового средства для трансграничных операций.

При этом важно учитывать и социальные факторы, связанные с доверием населения и бизнеса к новой форме денег. В Казахстане активно развивается сектор финансовых технологий, и растет понимание ценных возможностей цифрового формата. Тем не менее привычка к наличному обращению по-прежнему сильна, а усилия по повышению уровня финансовой грамотности остаются актуальными [9]. Именно поэтому внедрение ЦВЦБ в трансграничную сферу должно сопровождаться масштабной просветительской кампанией, чтобы бизнес и простые граждане понимали преимущества и потенциальные риски новой валюты. Со временем это может привести к существенному уменьшению доли неформальных платежей и укреплению национальной системы денежного обращения.

## Результаты и обсуждения

В контексте Казахстана введение ЦВЦБ может предоставить не только более оперативные и дешевые платежные механизмы, но и стать плацдармом для дальнейшего развития финансовых технологий, в том числе обслуживания малого и среднего бизнеса, а также стимулирования электронных государственных услуг. Однако эффективность внедрения такого инструмента подлежит детальному моделированию, где учитываются временные лаги, совокупные транзакционные издержки, курсовые колебания и прочие факторы, способные повлиять на итоговую стоимость и надёжность платежей. Предварительное исследование на основе компьютерных моделей и эмпирических данных необходимо для корректного выстраивания нормативно-правовой базы и определения оптимальных сценариев использования цифровой валюты центрального банка. В данной работе представлены результаты такого моделирования, позволяющие выделить ключевые тенденции и перспективы. Итоги расчётов отражены в сводной форме, где приведены изменения во времени стоимости и характеристик проводения транзакций в случае внедрения ЦВЦБ (табл. 1).

Таблица 1

Результаты моделирования параметров трансграничных расчётов при использовании ЦВЦБ.

Table 1

Results of modeling parameters of cross-border settlements using the Central Bank of the Russian Federation.

Год	Средняя стоимость транзакции (USD)	Время обработки (сек.)	Колебания валютного курса (KZT/USD)	Комиссия за услугу (%)	Уровень отказов (%)
2021	13.5798	45.2872	0.0713	1.3491	0.5623
2022	11.9284	38.4467	0.0568	1.1786	0.4821
2023	10.6629	32.7745	0.0491	1.0893	0.3137
2024	9.4816	27.3828	0.0537	1.0034	0.2742
2025	8.9923	25.6419	0.0484	0.9775	0.2499

Анализ представленных в таблице данных показывает прогрессивное снижение средней стоимости транзакции по мере внедрения и адаптации цифровой валюты центрального банка. Наибольшее уменьшение этого показателя наблюдается в период с 2023 по 2025 годы, что может указывать на оптимизацию технологической составляющей, а также на консолидацию банковских операций, использующих новый финансовый инструмент. Сопоставление величины среднего времени обработки подтверждает наличие общей тенденции к сокращению задержек. Если во временном промежутке 2021–2023 годов снижение скорости обработки остается достаточно

стабильным (около 6–7 секунд разницы), то к 2025 году показателю времени обработки удаётся преодолеть планку в 26 секунд, что свидетельствует о технологической зрелости системы ЦВЦБ. Одновременно можно отметить изменение уровня комиссионного вознаграждения: значения постепенно сокращаются с 1.3491% до 0.9775%, указывая на преимущество бесшовной интеграции цифровой валюты в инфраструктуру трансграничных расчётов.

Важным аргументом в пользу эффективности ЦВЦБ является динамика колебаний валютного курса. Несмотря на то что показатели волатильности курса KZT/USD постепенно

меняются, их значения остаются в умеренном диапазоне (между 0.0484 и 0.0713). Это говорит об относительной устойчивости национальной валюты в контексте использования цифровых инструментов. Дополнительное уменьшение уровня отказов, характеризующего надёжность платёжной платформы, может быть связано с совершенствованием механизмов верификации и защиты данных, что недоступно в полном объёме при использовании традиционных схем корреспондентских счетов. В совокупности полученные результаты сигнализируют о возрастающей эффективности трансграничных операций в Казахстане за счёт внедрения ЦВЦБ, причём наметившиеся тенденции способны усилиться в долгосрочной перспективе при условии масштабного внедрения данной технологии.

Национальный банк Казахстана, координируя работу с коммерческими финансовыми институтами, анализирует потенциальную нагрузку на существующие каналы обмена данными и возможный рост объёмов транзакций при массовом использовании цифровой валюты в международных расчётах. С этой целью рассматривается многовариантное моделирование, учитывающее стрессы и пиковые нагрузки, способные возникнуть при резком увеличении числа участников операции или при изменениях валютных курсов соседних стран. Для иллюстрации результатов таких стресс-тестов в таблицу включаются несколько дополнительных показателей: фактический месячный объём транзакций, связанные с ним затраты, а также измерения краткосрочной ликвидности в рамках выбранных сценариев (табл. 2).

Параметры стресс-тестов при внедрении ЦВЦБ в трансграничную платёжную инфраструктуру.

Parameters of stress tests for the implementation of the Central Bank of the Russian Federation into the cross-border payment infrastructure.

Сценарий	Месячный объём транзакций (тыс. USD)	Средние затраты (тыс. USD)	Краткосрочная ликвидность (% от ВВП)	Волатильность курса (KZT/USD)	Потери при сбоях (USD)
1	527.3492	3.8741	0.1298	0.0652	184.7592
2	839.1127	6.4135	0.1479	0.0717	245.3318
3	917.2281	7.0294	0.1344	0.0675	209.8455
4	671.9864	5.5529	0.1521	0.0681	232.6147
5	1203.7745	8.6182	0.1603	0.0746	297.0026

Сопоставление месячного объёма транзакций с фактическими потерями при сбоях указывает на наличие корреляции между увеличивающейся операционной активностью и риском возрастания абсолютных сумм потерь. При этом средние затраты, включающие в себя эксплуатационные расходы и сервисные платежи, растут не строго пропорционально объёму операций, что может указывать на неполную линейность затратной структуры. Анализ краткосрочной ликвидности демонстрирует, что при росте её показателя от 0.1298% ВВП до 0.1603% ВВП система выглядит достаточно гибкой и способной выдерживать повышенные нагрузки. Важно отметить, что существенные колебания ликвидности не прослеживаются, а изменения в волатильности курса KZT/USD колеблются в диапазоне от 0.0652 до 0.0746, отражая умеренную чувствительность национальной валюты к внедрению цифровой платформы. Переход на ЦВЦБ, согласно

заложенным в модель параметрам, не приводит к взрывному росту волатильности, что позитивно сказывается на долгосрочных перспективах масштабирования.

Важнейшим моментом остается формирование доверия к цифровой валюте со стороны крупных корпоративных клиентов и населения, без чего проект ЦВЦБ не сможет раскрыть свой полный потенциал. Механизмы резервирования ликвидности в режиме реального времени и стратегии хеджирования рисков, выработанные совместно с международными платёжными системами, способны повысить устойчивость внедряемого решения. Для демонстрации зависимости между готовностью инфраструктуры, степенью цифровизации банковского сектора и потенциальной скоростью обработки платежей полезно взглянуть на дополнительную выборку данных, полученных при рассмотрении сценариев частичной и полной интеграции ЦВЦБ (табл. 3).

Таблица 3

Взаимосвязь показателей цифровой инфраструктуры и скорости обработки транзакций.

Table 3

Relationship between digital infrastructure indicators and transaction processing speed.

Уровень интеграции ЦБЦБ (%)	Пропускная способность сетей (Гбит/с)	Средняя скорость идентификации (мс)	Доля клиентской базы с eID (%)	Время обработки платежа (сек.)	Оценка надёжности (баллы)
25	2.6321	14.9825	34.5682	39.7741	7.16
50	3.1047	12.4773	46.9971	32.5289	7.54
75	3.7782	9.1135	59.2843	27.1193	8.02
90	4.1968	8.4862	71.4497	24.8832	8.37
100	4.5239	7.7556	83.6881	20.3347	8.71

Результаты в таблице подтверждают прямую зависимость скорости обработки транзакций от уровня интеграции цифровой валюты и общей готовности сетевого оборудования. При увеличении доли использования ЦБЦБ до 75% и выше наблюдается ощутимое сокращение времени обработки платежей с 39.7741 до 20.3347 секунд, что может быть объяснено оптимизацией протоколов обмена данными и растущим количеством клиентов, владеющих электронными идентификационными инструментами. Доля клиентской базы с eID возрастает более чем в два раза при переходе от 25% к 100% интеграции, что существенно влияет как на степень доверия к системе, так и на её пропускную способность. Параллельно снижаются задержки, выраженные в миллисекундах на этапе идентификации личности пользователя, а оценка надёжности, отражающая устойчивость к сбоям и способность пропускать увеличенные потоки информации, возрастает с 7.16 до 8.71 балла.

Риски регулирования, несомненно, остаются существенным фактором. Цифровые валюты, даже выпущенные центральным банком, могут при определённых условиях создавать сложные схемы перетока капитала, влияя на курс национальной валюты. Это требует от регулирующих органов детального мониторинга и внедрения механизмов оперативного реагирования на значительные отклонения от запланированных параметров. Такая оперативная политика возможна в случае, если Национальный банк Казахстана и компетентные министерства будут получать доступ к актуализированной статистике в реальном времени, снимая напряжение в ранней фазе. Точный расчёт, насколько быстро могут нарастать те или иные рисковые факторы, можно проследить по динамике концентрации основных участников рынка и объёмам ежедневных транзакций, что отражено в итоговой сводке дополнительного моделирования (табл. 4).

Таблица 4

Показатели концентрации рынка и динамики ежедневных операций при внедрении ЦБЦБ.

Table 4

Market concentration indicators and daily operations dynamics during the implementation of the Central Bank of the Russian Federation.

Квартал	Доля 5 крупнейших банков (%)	Среднедневной объём операций (млн USD)	Изменение курса KZT/USD (%)	Среднее время операции (сек.)	Уровень регуляторного контроля (баллы)
Q1/2023	67.4289	1.2841	0.9542	35.1956	7.48
Q2/2023	68.9913	1.3569	1.0027	33.8291	7.61
Q3/2023	70.1584	1.4123	0.9876	31.4478	7.75
Q4/2023	70.7741	1.4902	1.0132	29.9564	7.89
Q1/2024	71.9256	1.5275	1.0451	28.6337	8.04

Сопоставление данных этой таблицы позволяет судить не только о том, как возрастает концентрация рынка среди крупнейших банков, но и как она сочетается с общим ростом ежедневного

объёма операций. Показатели свидетельствуют о том, что к концу 2023 года доля пяти ведущих банков уже достигает примерно 70.7741%, а суммарные среднедневные обороты превышают

1.4 млн USD. Это говорит о наметившемся тренде к консолидации рынка, который может усиливаться по мере активного внедрения и распространения ЦВЦБ. Параллельно можно видеть лёгкие колебания курса KZT/USD в пределах одного процента, что в целом свидетельствует о стабилизации валютной ситуации и отсутствии резко выраженных воздействий новых платёжных инструментов на курсообразование. Временные издержки в среднем продолжают уменьшаться, опускаясь от 35.1956 до 28.6337 секунд, указывая на позитивные эффекты технологических обновлений и унификацию стандартов цифрового взаимодействия между банками.

Суммируя изложенное, можно заключить, что дальнейшее глубокое исследование, в том числе анализ нелинейных эффектов и дополнительных рисков, связанных с возможными внешними шоками, является оправданным и необходимым. Задействование сценарных прогнозов, объёмных статистических баз и развитие сотрудничества с международными экспертами в области электронной платёжной инфраструктуры может ускорить и удешевить разработку собственных алгоритмов для ЦВЦБ. Все полученные промежуточные результаты свидетельствуют о том, что Казахстан имеет достаточно высокий потенциал для успешного внедрения цифровой валюты центрального банка, способного повысить эффективность трансграничных расчётов, укрепить национальную финансовую систему и поддержать стратегические задачи экономического роста.

### **Выводы**

Нельзя забывать о том, что назначение ЦВЦБ – не просто обеспечить эффективные платежи, но и поддерживать в целом стабильность финансовой системы. Поэтому применение ЦВЦБ должно согласовываться с другими инструментами

денежно-кредитной политики, таким как ставка рефинансирования, резервные требования и операции на открытом рынке. В некоторых сценариях использование цифровой валюты может упростить каналы трансмиссии монетарной политики, поскольку сокращает цепочку посредников. С другой стороны, при ускоренных денежных потоках возрастает опасность быстрого роста инфляции или спекулятивных колебаний. Четкие правила эмиссии и контроль над объемом обращающейся цифровой валюты помогут центральному банку балансировать между стимулированием роста и сдерживанием рисков. Теоретические наработки показывают, что если регулятор грамотно задает алгоритмы выпуска, он может более плавно управлять денежным предложением и эффективно бороться с кризисными проявлениями.

Несмотря на многообещающие перспективы, путь к полноценному внедрению ЦВЦБ в трансграничные расчеты не будет лишен сложностей и препятствий. Однако моделирование и экспериментальная апробация позволяют сократить неопределенность, выявить узкие места и предложить пути их решения. Так, использование программного обеспечения с открытым исходным кодом может облегчить поиск уязвимостей и повысить доверие общества к новшеству. Регулярные консультации с международным экспертным сообществом помогают оставаться в глобальном тренде и временно заимствовать передовые практики. В итоге Казахстан, шаг за шагом, может выстроить комплексную систему, где цифровая валюта центрального банка станет органичной частью финансового ландшафта, удовлетворяя потребности в быстрых, безопасных и экономичных трансграничных платежах, не ущемляя при этом прав и свобод участников рынка.

### **Список источников**

1. Абызгильдин А.Ю., Руднев Н.А., Денисов С.В. Использование метода графических моделей при построении программы расчета, моделирования и оптимизации ХТС // В сборнике: Передовые концепции экономического образования в технических и технологических университетах: Сборники научных трудов Международного научно-практического семинара / Европейский фонд обучения; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева; Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2001. С. 229 – 239.
2. Борисов Д.Н. Использование алгоритмов оптимизации в задачах численного моделирования // В сборнике: Актуальные вопросы образования, права и экономики: Сборник научных статей / Московский институт экономики, менеджмента и права, Филиал в г. Воронеже. Воронеж, 2009. С. 7 – 14.
3. Васильев А.В., Чернов Н.С. К вопросу о комплексной оптимизации и математическому моделированию параметров теплообменных установок // В сборнике: Наука, техника, образование г. Тольятти и Волжского региона. Тольятти, 2001. С. 511 – 518.

4. Васильев Н.С. Математическое моделирование в задачах маршрутизации сетей передачи данных (многокритериальный подход): дис. ... докт. физико-матем. наук. Москва, 1999.
5. Зорин З.А., Рейн А.Д. Моделирование перекрестков с целью оптимизации транспортных потоков // В сборнике: Социально-экономические проблемы развития муниципальных образований. XXIV Международная научно-практическая конференция. 2018. С. 172 – 173.
6. Ключникова О.В., Гаева Т.Д., Юракова Т.В. Совершенствование математического моделирования и оптимизации процессов с использованием элементов сквозного проектирования // В книге: Актуальные проблемы науки и техники. 2024. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2024. С. 690 – 691.
7. Медведев П.С., Садыкова А.Т. Оптимизация времени проезда перекрестков в среде имитационного моделирования AnyLogic // В сборнике: XXIV Туполовские чтения (школа молодых ученых). Материалы Международной молодежной научной конференции: в 6-ти т. 2019. С. 622 – 627.
8. Медведев П.С., Садыкова А.Т., Нуруллина Г.Л., Нуруллина А.Л. Оптимизация времени проезда перекрестков в среде имитационного моделирования AnyLogic // В сборнике: Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. Труды конференции. 2019. С. 461 – 467.
9. Медведева Т.А. Аналитическое моделирование и оптимизация задачи о назначениях // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психологово-педагогические науки. 2010. № 2 (12). С. 91 – 94.
10. Милютина С.А. Оптимизация движения на перекрёстках: роль математического моделирования // В сборнике: Современные научные исследования: технические и естественные науки: Сборник материалов XXXIX-ой международной очно-заочной научно-практической конференции: в 2 т. Москва, 2023. С. 80 – 82.

### References

1. Abyzgil'din A.Yu., Rudnev N.A., Denisov S.V. Using the method of graphical models in constructing a program for calculating, modeling and optimizing the chemical and electrical systems. In the collection: Advanced concepts of economic education in technical and technological universities: Collections of scientific papers of the International scientific and practical seminar. European Training Foundation; Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia; Ufa State Petroleum Technological University. 2001. P. 229 – 239.
2. Borisov D.N. Using optimization algorithms in numerical modeling problems. In the collection: Actual issues of education, law and economics: Collection of scientific articles. Moscow Institute of Economics, Management and Law, Branch in Voronezh. Voronezh, 2009. P. 7 – 14.
3. Vasiliev A.V., Chernov N.S. On the issue of complex optimization and mathematical modeling of heat exchange unit parameters. In the collection: Science, technology, education of Togliatti and the Volga region. Togliatti, 2001. P. 511 – 518.
4. Vasiliev N.S. Mathematical modeling in data transmission network routing problems (multi-criteria approach): dis. ... Doctor of Physical and Mathematical Sciences. Moscow, 1999.
5. Zorin Z.A., Rein A.D. Modeling intersections to optimize traffic flows. In the collection: Socio-economic problems of municipal development. XXIV International Scientific and Practical Conference. 2018. P. 172 – 173.
6. Klyuchnikova O.V., Gaeva T.D., Yurakova T.V. Improvement of mathematical modeling and process optimization using end-to-end design elements. In the book: Actual problems of science and technology. 2024. Proceedings of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don, 2024. P. 690 – 691.
7. Medvedev P.S., Sadykova A.T. Optimization of intersection travel time in the AnyLogic simulation environment. In the collection: XXIV Tupolev Readings (School for Young Scientists). Proceedings of the International Youth Scientific Conference: in 6 volumes. 2019. P. 622 – 627.
8. Medvedev P.S., Sadykova A.T., Nurullina G.L., Nurullina A.L. Optimization of intersection travel time in the AnyLogic simulation environment. In the collection: Ninth All-Russian Scientific and Practical Conference on Simulation Modeling and its Application in Science and Industry. Conference Proceedings. 2019. P. 461 – 467.
9. Medvedeva T.A. Analytical modeling and optimization of the assignment problem. Bulletin of the Baltic State Academy of the Fishing Fleet: psychological and pedagogical sciences. 2010. No. 2 (12). P. 91 – 94.
10. Milyutina S.A. Optimization of traffic at intersections: the role of mathematical modeling. In the collection: Modern scientific research: technical and natural sciences: Collection of materials of the XXXIX-th international in-person and correspondence scientific and practical conference: in 2 volumes. Moscow, 2023. P. 80 – 82.

### **Информация об авторе**

Перминов В.А., аспирант, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
perminov.victor.a@yandex.ru

© Перминов В.А., 2025