

УДК 004.273

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.45.2.029](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.45.2.029)

Микросервисная архитектура в облачных системах: риски и возможности применения в 2024–2030 гг.

Д.С. Малыгин✉

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Резюме. Микросервисная архитектура (МСА) выступает как современный подход в разработке программного обеспечения, нацеленный на обеспечение гибкости, масштабируемости и устойчивости к изменениям требований со стороны бизнеса и технологий. Предмет данного исследования заключается в выявлении и анализе возможностей и рисков применения МСА в контексте операционных систем (ОС), что актуально на фоне все ускоряющейся цифровизации и повышения требований к программному обеспечению. Целью работы является оценка и прогнозирование роли МСА в будущем ОС, включая анализ текущих тенденций и предсказание развития на ближайшее десятилетие. Методология исследования базируется на сравнительном анализе микросервисных и монолитных архитектур, а также включает в себя рассмотрение данных из актуальных исследовательских работ, посвященных МСА. Основные результаты исследования подчеркивают значительное увеличение эффективности и производительности программных систем за счет внедрения МСА, что демонстрируется на примере ускорения разработки и улучшения возможности непрерывной интеграции и доставки (CI/CD), а также повышении отказоустойчивости систем. Также были выявлены и систематизированы ключевые риски и проблемы, связанные с применением микросервисов, включая сложности управления и потенциальные угрозы безопасности, что представляет собой необходимость в разработке специализированных инструментов и подходов к обеспечению безопасности и мониторинга микросервисных систем. Ценность данного исследования заключается в обеспечении глубокого понимания роли и места МСА в современных ОС, предоставляя комплексный анализ рисков и возможностей, что служит основой для разработки стратегий эффективного внедрения и использования микросервисов. Полученные результаты и рекомендации способствуют улучшению практических навыков и развитию концепций в области системной архитектуры, предоставляя ценные указания для ИТ-специалистов, системных архитекторов и разработчиков в области оптимизации программного обеспечения и повышения его надежности и производительности.

Ключевые слова: микросервисная архитектура, облачные системы, гибкость, масштабируемость, безопасность, непрерывная интеграция.

Для цитирования: Малыгин Д.С. Микросервисная архитектура в облачных системах: риски и возможности применения в 2024–2030 гг. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1561> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.029

Microservice architecture in cloud systems: risks and application opportunities in 2024–2030

D.S. Malygin✉

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg,
the Russian Federation*

Abstract: Microservices architecture (MSA) represents a modern approach in software development, aimed at enhancing flexibility, scalability, and resilience to changes in both business and technological

requirements. This study focuses on identifying and analyzing the opportunities and risks of applying MSA within the context of operating systems (OS), which is particularly relevant against the backdrop of accelerating digitalization and increasing software demands. The objective of the study is to assess and forecast the role of MSA in the future of OS, including an analysis of current trends and predictions for the coming decade. The research methodology is based on a comparative analysis of microservices and monolithic architectures and includes data from current research works dedicated to MSA. The main findings of the study underscore the significant increase in efficiency and performance of software systems through the implementation of MSA, demonstrated by the acceleration of development and improvement of continuous integration and delivery (CI/CD) capabilities, as well as enhanced system resilience. Key risks and issues related to the use of microservices were also identified and systematized, including management challenges and potential security threats, highlighting the need for the development of specialized tools and approaches for security and monitoring of microservices systems. The value of this research lies in providing a deep understanding of the role and place of MSA in modern OS, offering a comprehensive analysis of risks and opportunities, serving as a foundation for developing effective implementation and utilization strategies of microservices. The results and recommendations contribute to the improvement of practical skills and the development of concepts in system architecture, providing valuable guidance for IT professionals, system architects, and developers in the field of software optimization and enhancing its reliability and performance.

Keywords: microservice architecture, cloud systems, flexibility, scalability, security, continuous integration.

For citation: Malygin D.S. Microservice architecture in cloud systems: risks and application opportunities in 2024–2030. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1561> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.029 (In Russ.).

Введение

Микросервисная архитектура (МСА) – один из передовых подходов в разработке программного обеспечения (ПО), который постоянно привлекает внимание исследователей и практиков в сфере информационных технологий (ИТ). МСА стала значимым элементом современных ОС и характеризуется способом создания программных продуктов, предполагающим разработку независимых друг от друга модулей. Каждая часть отвечает за определенную задачу и может быть изменена или расширена без перемен в других. При этом сервисы взаимодействуют между собой с помощью обмена сообщениями. Такая гибкость взаимодействия особенно заметна в контексте быстрого развития цифровых технологий и постоянно растущих требований к универсальности, масштабируемости и надежности программных решений [1].

Изучение рынка ОС (Рисунок 1) [2] демонстрирует динамический рост прибыли в данной сфере. Ожидается, что в 2024 году рынок достигнет 652,03 миллиарда долларов и продолжит расти, достигнув 2297,37 миллиардов долларов уже к 2032 году.



Рисунок 1 – Рынок ОС с 2022 по 2032 год (млрд долл.)
Figure 1 – OS market from 2022 to 2032 (billion dollars)

Данная тенденция подчеркивает возрастающую важность ОС и создает благоприятные условия для развития и интеграции МСА. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью понимания как возможностей, так и рисков использования микросервисов в рамках стремительно растущего рынка ОС.

Рассмотрение МСА в контексте ОС является особенно важной задачей, поскольку тенденции цифровизации и автоматизации бизнес-процессов продолжают набирать обороты. ОС предоставляют платформу для эффективного и гибкого масштабирования микросервисов, обеспечивая улучшенную производительность и надежность. Тем не менее такие системы несут и определенные риски, связанные, например, с безопасностью и управлением данными [3]. По этой причине многоуровневый анализ становится критически важной задачей для понимания того, как максимизировать преимущества и минимизировать потенциальные угрозы, связанные с микросервисами в ОС.

Настоящее исследование направлено на оценку и прогнозирование роли МСА в ОС с учетом текущих и будущих тенденций в сфере ИТ. Полученные результаты помогут лучшему пониманию динамики развития технологий и предоставят ценные рекомендации для специалистов в области разработки ПО, системных архитекторов и исследователей ОС.

Принципы работы МСА

МСА олицетворяет современный подход к разработке ПО и характеризуется способностью разделять большие, сложные системы на множество независимо работающих и легко управляемых модулей. В монолитной архитектуре (МНА), представленной синим зданием (Рисунок 2) [4], все сервисы приложений интегрированы и выполняются на одной платформе без операционной системы. В МСА изображены отдельные сервисы, соединенные с центральным узлом, указывающим на их взаимосвязь. Каждый микросервис может независимо функционировать на различных платформах, включая платформы без операционной системы, виртуальную среду, хранилища данных и общедоступные облачные среды. Такой подход значительно отличается от традиционной МНА, где все функции приложения тесно связаны и работают в рамках единого процесса.

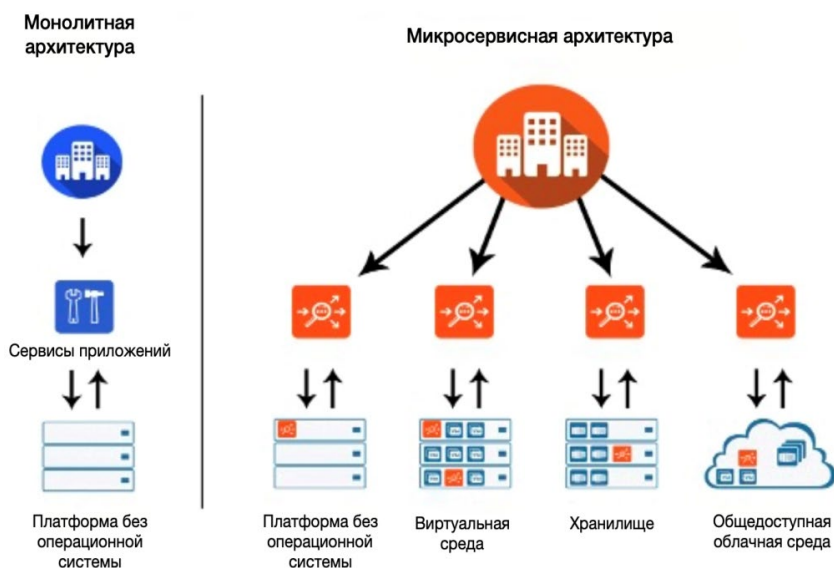


Рисунок 2 – Принцип работы МНА и МСА
Figure 2 – Operating principle of MNA and MSA

Одной из ключевых характеристик МСА является гибкость, позволяющая командам разработчиков работать над различными функциями приложения параллельно и независимо друг от друга, сокращая время разработки и повышая эффективность изменений и обновлений. Так, результаты исследования [5] продемонстрировали, что внедрение МСА в крупных IT-проектах может сократить время разработки до 25–40 % по сравнению с МНА.

Масштабируемость является немаловажным преимуществом микросервисов. Она позволяет увеличивать или уменьшать ресурсы, выделенные для каждого сервиса, в зависимости от текущих потребностей, что особенно актуально для динамично меняющихся рыночных условий. Данные исследования [6] указывают на то, что микросервисы обеспечивают до 50 % более эффективное использование вычислительных ресурсов по сравнению с МНА.

Помимо этого, МСА способствует непрерывной интеграции и доставке (continuous integration / continuous delivery, CI/CD), что обеспечивает быстрое и эффективное обновление системы без простоев. Результаты исследования [7] показали, что внедрение CI/CD в проекты на базе микросервисов может ускорить выпуск новых версий ПО до 70 %.

Таким образом, МСА представляет собой важное нововведение в области разработки ПО, значительно улучшающее производительность, гибкость и общее качество приложений.

Технологические возможности МСА в ОС

ОС – гибкая и масштабируемая инфраструктура, которая является идеальной средой для реализации МСА. Влияние микросервисов на развитие ОС несомненно, и многие современные исследования подчеркивают их синергию [8]. Например, работа [9], проведенная Стэнфордским университетом в 2021 году, показала, что микросервисы улучшают производительность ОС до 30–40 %, обеспечивая более высокую скорость обработки данных и оптимизацию ресурсов.

Одной из ключевых технологических возможностей микросервисов в ОС является их способность к автоматизированному масштабированию. В исследовании журнала *Cloud Computing* 2021 года было выявлено, что микросервисы могут автоматически масштабироваться в зависимости от нагрузки, что позволяет оптимизировать расходы на облачные ресурсы и улучшать производительность приложений [10]. Такое масштабирование не только увеличивает эффективность использования ресурсов, но и обеспечивает более высокий уровень отказоустойчивости системы.

Кроме того, микросервисы способствуют улучшению управления данными в ОС. Исследование [11] Университета Калифорнии показало, что микросервисы позволяют реализовывать более сложные и эффективные стратегии обработки и хранения данных, уменьшая при этом риск потери данных и ускоряя процессы их восстановления.

Благодаря распределенной структуре микросервисы могут обрабатывать данные параллельно и независимо друг от друга, что значительно ускоряет процессы обработки больших объемов данных. Это особенно важно для приложений, требующих высокой производительности и масштабируемости, например, большие распределенные базы данных и системы реального времени.

Организация системы хранения данных приведена на Рисунке 3 [12].

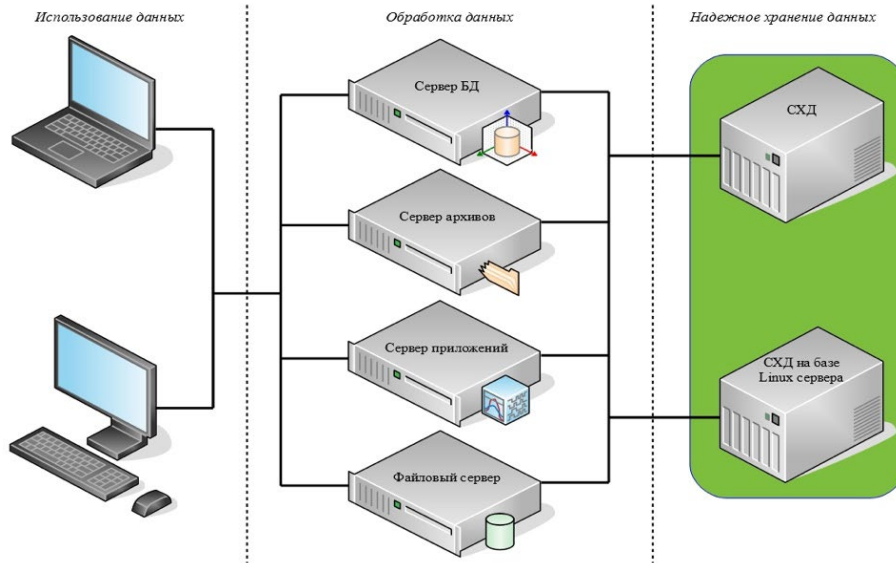


Рисунок 3 – Организация системы хранения данных
Figure 3 – Organization of data storage system

Еще одним значимым аспектом является повышение уровня безопасности в ОС с помощью МСА. Результаты исследования, проведенного специалистами из Техасского университета в Остине (США), демонстрируют, что МСА обеспечивает более высокий уровень безопасности за счет изоляции компонентов и минимизации влияния уязвимостей одного сервиса на другие [13]. Это связано с тем, что каждый микросервис может иметь свою собственную систему безопасности и политики доступа, что уменьшает риски, связанные с использованием централизованных системами.

В корреляции с ОС МСА также упрощают процесс CI/CD, что является ключевым фактором для обеспечения бесперебойной работы и быстрого внедрения обновлений. По данным исследования [14], внедрение CI/CD в среде микросервисов позволяет сократить время на разработку и внедрение новых функций до 60 % по сравнению с традиционными методами.

Таким образом, микросервисы в ОС предлагают множество технологических возможностей, включая улучшенное масштабирование, эффективное управление данными, повышенную безопасность и упрощение процессов CI/CD. Эти возможности делают МСА важным элементом для развития и оптимизации ОС.

Риски и проблемы при применении МСА

Несмотря на вышеупомянутые преимущества МСА в ОС, существуют проблемы, которые необходимо своевременно обнаруживать и устранять для успешного развития данной сферы.

Сложность управления и мониторинга. Одной из основных проблем, связанных с микросервисами, является сложность управления и мониторинга системы. В исследовании [15] подчеркивается, что управление многочисленными, часто взаимодействующими микросервисами может привести к усложнению процессов отладки и устранения ошибок. С каждым новым микросервисом увеличивается количество точек потенциального сбоя, что требует более сложных и продвинутых систем мониторинга и управления.

Безопасность данных и уязвимости. Проблемы безопасности также являются значительным препятствием. Характер «разрозненности» микросервисов создает

множество точек входа, которые могут быть потенциально уязвимы для атак. В исследовании Массачусетского технологического института 2022 года особое внимание уделяется повышенному риску нарушений безопасности в системах, основанных на микросервисах – особенно в случаях, если те слабо защищены [16]. Каждый микросервис должен обладать своей собственной защитой и аутентификацией, что увеличивает общую сложность системы безопасности.

Высокие начальные затраты и сложности перехода. Переход с МНА на МСА может потребовать значительных начальных инвестиций. Результаты исследования [17] показали, что затраты на переосмысление архитектуры, обновление инфраструктуры и обучение персонала могут увеличить общую стоимость внедрения до 25–35 %. Эти затраты включают в себя как прямые финансовые вложения, так и временные – на переход и адаптацию команды к новой рабочей среде.

Сложности интеграции и зависимостей. Интеграция микросервисов с существующими системами и сервисами может быть сложной задачей – особенно в условиях разнообразных технологических стеков и платформ. Неправильно спланированная интеграция может привести к проблемам с производительностью, непредсказуемым сбоям и увеличению времени на разрешение зависимостей [18].

Таким образом, несмотря на преимущества МСА, необходимо тщательно учитывать и грамотно управлять связанными с ней рисками и проблемами. Эффективное управление, стратегии обеспечения безопасности и тщательное планирование могут помочь минимизировать эти риски и повысить общую эффективность системы.

Перспективы развития и прогнозы на 2024–2032 годы

Анализ текущих тенденций и прогнозы на ближайшее десятилетие указывают на значительное развитие МСА и ее влияние на ОС. Ожидается, что микросервисы будут играть ключевую роль в дальнейшем развитии и оптимизации облачных технологий, особенно в контексте растущего спроса на гибкость, масштабируемость и безопасность.

В исследовании [19] предполагается, что к 2032 году более 70 % всех ОС будут основаны на МСА, что можно связать с необходимостью обеспечения более высокой степени гибкости и адаптируемости систем в условиях быстро меняющегося рынка.

Учитывая сложности управления микросервисами, ожидается значительный прогресс в разработке инструментов автоматизации и мониторинга. Исследование [11] прогнозирует развитие передовых решений для автоматизированного масштабирования, управления зависимостями и мониторинга производительности микросервисов. Эти инструменты помогут снизить нагрузку на разработчиков и повысить надежность систем.

Безопасность останется приоритетной задачей в разработке микросервисных систем. Предполагается внедрение более продвинутых механизмов защиты для микросервисов, включая улучшенную изоляцию, автоматизированное обнаружение уязвимостей и интегрированные системы безопасности.

По мере роста популярности микросервисов возрастет и потребность в квалифицированных специалистах. В исследовании [20] отмечается, что курсы и программы обучения, связанные с МСА и ОС, станут одними из наиболее востребованных в области ИТ.

В период с 2024 по 2032 год ожидается усиление интеграции микросервисов с другими передовыми технологиями, например, искусственным интеллектом (AI), машинным обучением (МО) и интернетом вещей (IoT) [21]. Предполагается, что такая интеграция значительно расширит возможности микросервисов, делая их еще более мощным инструментом в области цифровых инноваций.

Данные прогнозы в очередной раз подчеркивают растущее значение микросервисов в будущей архитектуре ОС.

Развитие микросервисных архитектур и современных технологий в России в 2024 году

Развитие МСА и современных технологий в России в 2024 году сталкивается с несколькими ключевыми трудностями, которые влияют как на технологические аспекты, так и на экономическую среду:

1. **Санкции и ограничения доступа к технологиям.** Введение международных санкций и ограничений на экспорт технологического оборудования и программного обеспечения затрудняет доступ к передовым технологиям, что является существенным барьером для разработки и внедрения МСА. Это может привести к увеличению зависимости от внутренних разработок и альтернативных технологий.

2. **Изоляция от международного сообщества.** Разрыв связей с международными ИТ-сообществами и технологическими консорциумами ограничивает обмен знаниями и лучшими практиками, что важно для развития современных технологий [22].

3. **Экономическая нестабильность.** Нестабильная экономическая ситуация влияет на инвестиции в ИТ-отрасль. Низкий уровень инвестиций может снизить возможности для внедрения и поддержки МСА, которые требуют значительных ресурсов на начальном этапе разработки [23].

4. **Недостаток квалифицированных кадров.** Эмиграция специалистов и ограниченный доступ к международному опыту усиливают дефицит квалифицированных ИТ-специалистов, что затрудняет разработку и поддержку сложных технологических решений, таких как микросервисы [22].

5. **Проблемы с безопасностью и соблюдением регуляций.** Повышенные требования к информационной безопасности и необходимость соблюдения строгих внутренних и международных нормативных требований могут усложнить внедрение новых технологий, особенно в области обработки и хранения данных [23].

6. **Локализация данных и инфраструктуры.** Законы о локализации данных требуют хранения определенных данных внутри страны, что может усложнить интеграцию с международными сервисами и ограничить использование облачных решений от международных провайдеров [24].

Развитие МСА в такой сложной среде требует адаптации к реалиям российского рынка, поиска альтернативных решений и возможно большего внимания к развитию внутренних технологических ресурсов и компетенций.

Ввиду огромного количества случаев фишинга и кибератак в нынешних реалиях российские разработчики и исследователи активно работают над созданием новых методов защиты информации, включая использование криптографии с открытым ключом и блокчейн технологий, что особенно актуально для систем, построенных на микросервисах [25].

Заключение

На основе проведенного анализа МСА в контексте ОС можно сделать несколько важных выводов. Микросервисы представляют собой значительное нововведение в сфере разработки ПО, обеспечивая повышенную гибкость, масштабируемость и способность к непрерывной интеграции и доставке. Они способствуют оптимизации процессов в ОС, улучшению управления данными и повышению общей производительности и безопасности.

Тем не менее реализация МСА сопряжена с рядом таких проблем, как увеличение сложности управления и мониторинга систем, потенциальные риски безопасности и необходимость значительных начальных затрат на переход. Эффективное управление данными рисками и проблемами требует продуманного подхода, то же касается и разработки специализированных инструментов автоматизации и мониторинга, а также инвестиций в обучение и развитие персонала.

Прогнозы на 2024–2032 годы указывают на дальнейшее развитие и интеграцию МСА в ОС. Ожидается, что микросервисы будут все более интегрированы с новыми технологиями, что откроет новые возможности для инноваций и улучшения производительности. Также предполагается значительное улучшение инструментов управления и безопасности, что позволит максимизировать преимущества микросервисов при одновременном уменьшении связанных с ними рисков.

Как итог, МСА является перспективным направлением в развитии ОС, предлагая новые возможности для создания более гибких, масштабируемых и безопасных приложений. Однако для успешного внедрения и использования микросервисов необходимо тщательное планирование, управление рисками и непрерывное совершенствование технологии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Abdullina L., Bobovnikova A., Zrazhevskiy A. ESG-factors and CSR-strategy impact on the investment attractiveness of USA companies. In: *Recent Scientific Investigation – XLIII International Multidisciplinary Conference: Recent Scientific Investigation: Proceedings of XLIII International Multidisciplinary Conference, 03 April 2023, Shawnee, USA*. Shawnee: Internauka; 2023. P. 118–122.
2. Kalok S. The Analysis of Smartphones’ Operating System and Customers’ Purchasing Decision: Application to HarmonyOS and Other Smartphone Companies. In: *7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2022): Advances in Economics, Business and Management Research: Proceedings of the 2022 7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2022), 14-16 January 2022, Zhuhai, China*. Atlantis Press; 2022. P. 417–421. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.220307.066>
3. Исрафилов А., Яковичин А.Д. О проблеме защиты персональных данных в интернете: ключевые международные стандарты. *Международный журнал прикладных наук и технологий Integral*. 2024;(1).
Israfilov A., Yakovishin A. On the problem of protecting personal data on the internet: key international standards. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologii Integral = International Journal of Applied Sciences and Technology Integral*. 2024;(1). (In Russ.).
4. Никитин И.В., Гриценко Т.Ю. Сравнение подходов монолитной архитектуры и микросервисной архитектуры при реализации серверной части веб-приложения. *Дневник науки*. 2020;(3). URL: http://dnevnikaui.ru/images/publications/2020/3/technics/Nikitin_Gritsenko.pdf
Nikitin I.V., Gritsenko T.Y. Comparison of monolithic architecture and microservice architecture approaches in implementing the server part of web application. *Dnevnik nauki*. 2020;(3). (In Russ.). URL: http://dnevnikaui.ru/images/publications/2020/3/technics/Nikitin_Gritsenko.pdf
5. Gos K., Zabierowski W. The Comparison of Microservice and Monolithic Architecture. In: *2020 IEEE XVIth International Conference on the Perspective Technologies and*

- Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, 22-26 April 2020, Lviv, Ukraine. IEEE; 2020. P. 150–153. <https://doi.org/10.1109/MEMSTECH49584.2020.9109514>
6. Selivorstova T., Klishch S., Kyrychenko S., Guda A., Ostrovskaya K. Analysis of monolithic and microservice architectures features and metrics. *Computer Systems and Information Technologies*. 2021;(3):59–65.
 7. Baptista G., Abbruzzese F. *Software Architecture with C# 9 and .NET 5: Architecting software solutions using microservices, DevOps, and design patterns for Azure*. Birmingham: Packt Publishing Ltd; 2020. 700 p.
 8. Tiumentsev D. Modern approaches to orchestration of microservices: a comparative analysis. In: *Recent Scientific Investigation: Proceedings of XLVII International Multidisciplinary Conference, 07 August 2023, Shawnee, USA*. Shawnee: Internauka; 2023. P. 45–48.
 9. Bulej L., Bureš T., Filandr A., Hnětynka P., Hnětynkova I., Pacovský J., Sandor G., Gerostathopoulos I. Managing Latency in Edge-Cloud Environment. *Journal of Systems and Software*. 2021;172. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110872>
 10. Luo S., Xu H., Ye K., Xu G., Zhang L., Yang G., Xu C. The power of prediction: microservice auto scaling via workload learning. In: *SoCC '22: ACM Symposium on Cloud Computing: SoCC '22: Proceedings of the 13th Symposium on Cloud Computing, 7-11 November 2022, San Francisco, USA*. New York: Association for Computing Machinery; 2022. P. 355–369. <https://doi.org/10.1145/3542929.3563477>
 11. Waseem M., Liang P., Shahin M., Di Salle A., Márquez G. Design, monitoring, and testing of microservices systems: The practitioners' perspective. *Journal of Systems and Software*. 2021;182. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.111061>
 12. Татарникова Т.М., Пойманова Е.Д. Методика дифференцированного наращивания емкости системы хранения данных с многоуровневой структурой. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2020;20(1):66–73. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2020-20-1-66-73>
Tatarnikova T.M., Poymanova E.D. Differentiated capacity extension method for system of data storage with multilevel structure. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki = Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 2020;20(1):66–73. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2020-20-1-66-73>
 13. Mateus-Coelho N., Cruz-Cunha M., Ferreira L.G. Security in Microservices Architectures. *Procedia Computer Science*. 2021;181:1225–1236. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.320>
 14. Чаплыгин Н.А., Гридчин В.С., Балаев В.А. Применение микросервисной архитектуры. В сборнике: *New Science Generation: Новое научное поколение: Сборник статей Международной научно-практической конференции, 06 декабря 2020 года, Петрозаводск, Россия*. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука»; 2020. С. 108–111.
Chapligin N.A., Gridchin V.S., Balaev V.A. Using a microservice architecture. In: *New Science Generation: Novoe nauchnoe pokolenie: Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 06 December 2020, Petrozavodsk, Russia*. Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership «New Science»; 2020. P. 108–111. (In Russ.).
 15. Wang Y., Kadiyala H., Rubin J. Promises and challenges of microservices: an exploratory study. *Empirical Software Engineering*. 2021;26(4). <https://doi.org/10.1007/s10664-020-09910-y>

16. Hannousse A., Yahiouche S. Securing microservices and microservice architectures: A systematic mapping study. *Computer Science Review*. 2021;41. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100415>
17. Gravanis D., Kakarontzas G., Gerogiannis V. You don't need a Microservices Architecture (yet): Monoliths may do the trick. In: *ESSE '2021: 2021 2nd European Symposium on Software Engineering: ESSE '21: Proceedings of the 2021 European Symposium on Software Engineering, 19-21 November 2021, Larissa, Greece*. New York: Association for Computing Machinery; 2021. P. 39–44. <https://doi.org/10.1145/3501774.3501780>
18. Шайхулов Э.А. Способы создания и эффективного управления QA командой в IT. *Вестник науки*. 2023;2(8):201–205.
Shaikhulov E.A. Ways to create and effectively manage a QA team in IT. *Vestnik nauki*. 2023;2(8):201–205. (In Russ.).
19. Чучин В.В. Перспективы использования микросервисной архитектуры для АБС. *Точная наука*. 2020;(70):38–41.
Chuchin V.V. Prospects for using microservice architecture for ABS. *Tochnaya nauka*. 2020;(70):38–41. (In Russ.).
20. Ibrahim A.H., Eliemy M., Youssif A.A. An Enhanced Adaptive Learning System based on Microservice Architecture. *Future Computing and Informatics Journal*. 2023;8(1). URL: <https://digitalcommons.aaru.edu.jo/fcij/vol8/iss1/4>
21. Кенджаев Д.А. Оптимизация операционной эффективности через AR в условиях быстро меняющегося рынка труда. *Международный журнал прикладных наук и технологий Integral*. 2024;(1).
Kendjaev D. Optimizing operational efficiency through AR in a rapidly changing labor market. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologii Integral = International Journal of Applied Sciences and Technology Integral*. 2024;(1). (In Russ.).
22. Столыпина Н.Э., Мысева Е.Р. Влияние ухода западных IT-компаний с российского рынка на российские предприятия. В сборнике: *Финансовая безопасность, современное состояние и перспективы развития: Материалы VIII Международной научно-практической конференции Международного сетевого института в сфере ПОД/ФТ: Том 1, 14-15 декабря 2022 года, Москва, Россия*. Москва: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»; 2022. С. 155–161.
Stolypina N.E., Myseva E.R. Vliyanie ukhoda zapadnykh IT-kompanii s rossiiskogo rynka na rossiiskie predpriyatiya. In: *Finansovaya bezopasnost', sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Mezhdunarodnogo setevogo instituta v sfere POD/FT: Volume 1, 14-15 December 2022, Moscow, Russia*. Moscow: National Research Nuclear University MPhI; 2022. P. 155–161. (In Russ.).
23. Фомичева Т.Л. Итоги 2022 года и тенденции 2023 года в российской IT-отрасли. В сборнике: *Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов: Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, 07 февраля 2023 года, Москва, Россия*. Москва: Печатный цех; 2023. С. 259–263. <https://doi.org/10.34755/IROK.2023.20.84.050>
Fomicheva T.L. Itogi 2022 goda i tendentsii 2023 goda v rossiiskoi IT-otrasli. In: *Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v usloviyakh sovremennykh vyzovov: Sbornik materialov XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 07 February 2023, Moscow, Russia*. Moscow: Pechatnyi tsekh; 2023. P. 259–263. (In Russ.). <https://doi.org/10.34755/IROK.2023.20.84.050>

24. Голенкова З.Т., Орехова И.М. Рынок труда в условиях санкций: потребность в профессиях. *Россия реформирующаяся*. 2023;(21):230–247. <https://doi.org/10.19181/ezheg.2023.9>
Golenkova Z.T., Orekhova I.M. Professional needs in the russian labor market under sanctions. *Rossiia reformiruyushchayasya*. 2023;(21):230–247. (In Russ.). <https://doi.org/10.19181/ezheg.2023.9>
25. Лоза Д.А., Конюшенко Д.О., Бардин А.К. Альтернативы использования иностранных операционных систем в условиях санкций. В сборнике: *Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты: Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, 16-21 января 2023 года, Краснодар, Россия*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина; 2023. С. 398–400.
Loza D.A., Konyushenko D.O., Bardin A.K. Al'ternativy ispol'zovaniya inostrannykh operatsionnykh sistem v usloviyakh sanktsii. In: *Tsifrovizatsiya ekonomiki: napravleniya, metody, instrumenty: Sbornik materialov V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 16-21 January 2023, Krasnodar, Russia*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 2023. P. 398–400. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Малыгин Дмитрий Сергеевич, магистр, **Dmitrij S. Malygin**, master's degree, Peter the Санкт-Петербургский политехнический Great St. Petersburg Polytechnic University, университет Петра Великого, Санкт- Saint Petersburg, the Russian Federation. Петербург, Российская Федерация.

ORCID: [0009-0004-9966-3716](https://orcid.org/0009-0004-9966-3716)

e-mail: dmitri_ma@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 18.04.2024; одобрена после рецензирования 15.05.2024; принята к публикации 27.05.2024.

The article was submitted 18.04.2024; approved after reviewing 15.05.2024; accepted for publication 27.05.2024.