

АНАЛИЗ ТЕХНИК ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ: КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД

ANALYSIS OF WEB APPLICATION PERFORMANCE OPTIMIZATION TECHNIQUES: A COMPREHENSIVE APPROACH

M. Malyavin

Summary. With the rapid development of Internet technologies and the increasing demands on the speed, reliability and scalability of web applications, their performance is becoming a critical aspect determining the success of digital solutions. The relevance of the research is due to the need to develop and implement effective optimization methods that can increase download speeds, reduce the load on server resources, and improve user experience. The purpose of this work is a systematic analysis of modern techniques and strategies for improving the performance of web applications, including computing resource management, caching mechanisms, the use of content delivery networks, asynchronous data loading, and other approaches. The research examines the principles of operation of these methods, their effectiveness in various operational scenarios, as well as their impact on key performance indicators of web applications. The practical significance of the article is to provide a comprehensive overview of optimization techniques that allows developers and web technology specialists to reasonably select and apply the most effective solutions to improve the performance of web services. The results obtained can be use in the design and modernization of web applications, ensuring their high speed, load resistance and compliance with modern requirements for user experience.

Keywords: performance optimization, web applications, resource minimization, caching, CDN, asynchronous loading, user experience, business metrics.

Малявин Максим Юрьевич

Московский информационно-технологический
университет
grinishina@mail.ru

Аннотация. В условиях стремительного развития интернет-технологий и роста требований к скорости, надежности и масштабируемости веб-приложений их производительность становится критически важным аспектом, определяющим успешность цифровых решений. Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки и внедрения эффективных методов оптимизации, позволяющих повысить скорость загрузки, снизить нагрузку на серверные ресурсы и улучшить пользовательский опыт. Целью данной работы является систематизированный анализ современных техник и стратегий повышения производительности веб-приложений, включая управление вычислительными ресурсами, механизмы кэширования, применение сетей доставки контента, асинхронную загрузку данных и другие подходы. В ходе исследования рассмотрены принципы функционирования указанных методов, их эффективность в различных сценариях эксплуатации, а также влияние на ключевые показатели качества работы веб-приложений. Практическая значимость статьи заключается в предоставлении комплексного обзора оптимизационных техник, позволяющего разработчикам и специалистам в области веб-технологий обоснованно выбирать и применять наиболее эффективные решения для улучшения производительности веб-сервисов. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и модернизации веб-приложений, обеспечивая их высокую скорость работы, устойчивость к нагрузкам и соответствие современным требованиям к пользовательскому опыту.

Ключевые слова: оптимизация производительности, веб-приложения, минимизация ресурсов, кэширование, CDN, асинхронная загрузка, пользовательский опыт, бизнес-метрики.

Согласно исследованиям Mordor Intelligence, к 2027 году рынок технологий, направленных на оптимизацию веб-производительности, будет демонстрировать среднегодовой темп роста на уровне 8,72 %, что отражает возрастающую значимость данной области для цифровой экономики [1]. В современном мире, насыщенном информационными технологиями, веб-приложения являются неотъемлемым элементом различных сфер деятельности, включая бизнес, образование, медицину и индустрию развлечений. В связи с этим их производительность представляет собой критический фактор, определяющий уровень удовлетворенности пользователей и конкурентоспособность компаний, предоставляющих онлайн-сервисы.

Рост объема передаваемых данных и усложнение архитектуры веб-приложений приводят к необходимости разработки и внедрения эффективных методов повышения их скорости загрузки и обработки информации [2]. Оптимизация производительности веб-приложений требует комплексного подхода, включающего применение различных инструментов и технологий, эффективность которых зависит от конкретных условий эксплуатации и особенностей реализации программных решений. В рамках настоящей статьи проведена систематизация современных методов и техник оптимизации веб-производительности, а также дана оценка их влияния на ключевые показатели эффективности и пользовательский опыт. Основной целью исследования является разработка комплексного подхода к улучшению произ-

водительности веб-приложений, учитывающего как технические аспекты, так и влияние на восприятие сервиса пользователями, что способствует формированию более эффективных стратегий разработки и эксплуатации веб-систем.

Цель исследования

Целью данного исследования является разработка комплексного подхода к оптимизации производительности веб-приложений, включая систематизацию современных методов и техник, таких как эффективное использование ресурсов, кэширование, применение CDN, асинхронная загрузка и другие. В работе также ставится задача оценить влияние этих методов на ключевые бизнес-метрики и пользовательский опыт, с учетом уникальных особенностей различных веб-приложений.

Теоретический обзор

Согласно данным, опубликованным аналитиками Market Research Future в конце января 2025 года, в 2024 году совокупные расходы на веб-разработку в мире достигли 57,31 миллиарда долларов. Этот показатель превысил уровень 2023 года, когда затраты составляли 54,48 миллиарда долларов, что соответствует росту примерно на 5 % [3]. По прогнозам, к 2035 году объем рынка может увеличиться почти вдвое, приблизившись к отметке в 100 миллиардов долларов (рис. 1).

В условиях непрерывного развития веб-технологий и увеличения требований к скорости работы онлайн-приложений задача оптимизации их производительности приобретает критически важное значение. По мнению автора, эффективность функционирования интернет-приложений определяется совокупностью ключевых показателей, среди которых особое внимание уделяется времени загрузки контента, скорости об-

работки пользовательских запросов и общей отзывчивости интерфейса. Как отмечают в своем исследовании Е.В. Фешина, С.А. Куштанок, Е.С. Мальцевой и С.А. Золотарёва, такие параметры, как время от первого байта до полной интерактивности, оказывают непосредственное влияние не только на пользовательский опыт, но и на ранжирование веб-ресурсов в поисковых системах, что делает их оптимизацию приоритетной задачей [4]. В результате анализа современных подходов к повышению производительности веб-приложений можно выделить несколько ключевых стратегий. В первую очередь это сжатие и оптимизация ресурсов, включающие уменьшение размеров файлов CSS и JavaScript, а также внедрение методов компрессии изображений. По оценке автора, данный метод позволяет существенно снизить объем передаваемых данных, сокращая время загрузки страниц и уменьшая нагрузку на серверную инфраструктуру.

На основе изложенного можно утверждать, что стратегии кэширования также играют важную роль в повышении скорости веб-приложений. Как отмечает Е.П. Кравцов, правильно настроенное кэширование позволяет сохранять ранее загруженные элементы в локальном хранилище браузера, обеспечивая мгновенный доступ к контенту при повторных посещениях [5]. Данный подход снижает сетевую задержку и уменьшает потребление серверных ресурсов, что особенно важно для высоконагруженных веб-систем. Одним из наиболее эффективных решений, согласно исследованию, является использование сетей доставки контента (CDN), обеспечивающих распределение данных между серверами в различных регионах мира. Применение данной технологии позволяет минимизировать задержки при передаче информации и повысить отказоустойчивость системы, что особенно актуально для глобальных веб-сервисов с высокой посещаемостью.

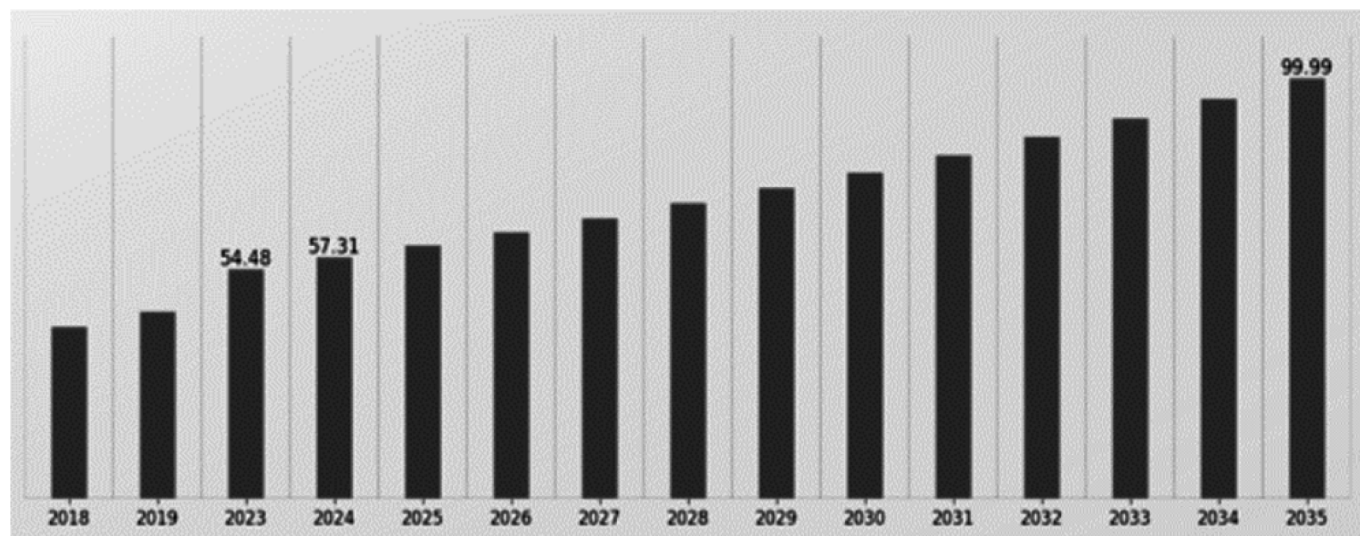


Рис. 1. Динамика объема рынка веб-приложений, млрд долл. США

В продолжение вышесказанного следует рассмотреть методы асинхронной загрузки и отложенного рендеринга, которые, по мнению автора, способствуют формированию ощущения быстродействия интерфейса. Данные технологии позволяют пользователям начать взаимодействие с веб-приложением еще до полной загрузки всех его компонентов, что особенно эффективно при работе с динамическим контентом и сложными мультимедийными объектами. Также, выбор архитектурного подхода к разработке веб-приложений оказывает существенное влияние на их производительность. По результату анализа автором различных моделей построения серверных и клиентских частей системы, можно отметить, что микросервисная архитектура, в отличие от монолитного подхода, способствует лучшей масштабируемости и распределению нагрузки, что делает ее предпочтительным вариантом для высоконагруженных платформ. Настоящее исследование представляет собой обзор ключевых методов оптимизации веб-приложений с акцентом на их практическое применение. В последующих разделах работы будет проведен детальный анализ эффективности указанных решений, включая их влияние на основные метрики производительности и пользовательского взаимодействия.

Методология исследования

Основная задача исследования заключается в тщательном изучении и оценке методов улучшения производительности онлайн-приложений, с акцентом на их влияние на ключевые показатели эффективности и опыт конечных пользователей. В ходе исследования были применены различные подходы к сбору и анализу данных, что позволило нам обеспечить всестороннее понимание эффективности разнообразных стратегий оптимизации.

Подходы к сбору данных:

- Мониторинг показателей производительности. Внедрение инструментов для мониторинга времени загрузки страниц и других важных метрик, что дает возможность собрать достоверные данные о производительности веб-приложений.
- Лабораторное тестирование. Организация экспериментов в контролируемой среде для изучения поведения приложений под различными условиями, что способствует выявлению оптимальных решений для ускорения загрузки.
- Анализ реального пользовательского опыта (RUM). Исследование интеракций настоящих пользователей с сайтом для оценки производительности приложения в реальных условиях эксплуатации.

Критерии для оценки результативности:

- Сокращение времени полной загрузки. Измерение уменьшения задержек при отображении

контента, что напрямую влияет на удовлетворенность посетителей сайта.

- Улучшение восприятия скорости загрузки. Анализ влияния оптимизации на субъективное восприятие быстродействия сайта пользователями, включая мгновенное отклик на действия.
- Повышение ключевых метрик веб-вitalности. Улучшение показателей, таких как LCP, FID и CLS, что способствует повышению общей удовлетворенности пользователей и улучшению позиций в поисковых системах.
- Увеличение стабильности и доступности. Оценка способности веб-приложений обеспечивать непрерывный доступ к сервисам и стабильную работу даже при высоких нагрузках.

Данный методологический подход дает возможность не только оценить эффективность различных техник оптимизации, но и понять их комплексное воздействие на производительность веб-приложений и удовлетворенность пользователей. В следующих разделах представлен детальный анализ полученных результатов и их обсуждение с точки зрения применимости и значимости для разработчиков веб-приложений.

Анализ и результаты

Исследование охватывает широкий спектр стратегий повышения производительности интернет-платформ, включая сокращение объема передаваемых данных, применение передовых технологий кэширования и развертывание контента через глобальные сети доставки. По оценке автора, комплексное использование данных методов оказывает значительное влияние на быстродействие и эффективность веб-ресурсов. На основе анализа авторов Д.А. Дворяка выделены ключевые направления оптимизации [6]:

- оптимизация объема данных — уменьшение размера файлов кода и медиаконтента позволяет снизить время загрузки на 20–40 %, что, по мнению авторов, положительно влияет на пользовательское восприятие скорости работы веб-приложений;
- механизмы кэширования — настройка повторного использования ранее загруженных ресурсов способствует ускорению загрузки страниц до 70 % при повторных посещениях, что существенно повышает удобство взаимодействия с платформой;
- использование сетей доставки контента (CDN) — распределение данных по серверам CDN сокращает время отклика для пользователей, особенно находящихся в удаленных регионах, что, по оценке авторов, ускоряет загрузку на 50–60 %;
- асинхронная загрузка и динамическое представление данных — внедрение механизмов асинхронной загрузки и динамического отображения

контента сокращает время до полной интерактивности на 30–50 %, обеспечивая, по мнению авторов, более плавный пользовательский опыт;

- выбор архитектурного решения — анализ различных архитектур показал, что серверный рендеринг (SSR) позволяет добиться меньшего времени первичной загрузки, тогда как микросервисная модель, по оценке авторов, обладает преимуществами в гибкости и масштабируемости.

По результату анализа автором установлено, что достижение высокой производительности веб-приложений требует системного подхода, включающего оптимальное сочетание стратегий с учетом особенностей конкретного проекта. Н.В. Логиновой отмечает, что выбор наиболее эффективных инструментов и методик, адаптированных к специфическим требованиям, является определяющим фактором успешной оптимизации [7]. Далее представлены результаты разработки автором настоящей статьи табл. 1, в которой отражены ключевые методы повышения производительности интернет-платформ в 2025 году, а также их влияние на скорость загрузки и пользовательский опыт. Материалы в таблице представляет собой результат структурированного обзора

Таблица 1.

Основные методы повышения производительности интернет-платформ в 2025 году

№	Метод оптимизации	Ожидаемый прирост производительности	Влияние на пользовательский опыт
1	Оптимизация объема данных (сжатие файлов кода, изображений, видео)	20–40 %	Снижение времени загрузки, повышение удобства работы с сайтом
2	Использование механизмов кэширования	До 70 %	Ускорение повторных загрузок страниц, снижение нагрузки на сервер
3	Развертывание контента через CDN	50–60 %	Повышение доступности контента для пользователей в удаленных регионах
4	Внедрение асинхронной загрузки и динамического представления контента	30–50 %	Улучшение восприятия скорости загрузки, сокращение времени до полной интерактивности
5	Выбор эффективной архитектуры (SSR, микросервисы)	Различается в зависимости от проекта (от 10 до 50 %)	Оптимизация баланса между скоростью загрузки и масштабируемостью

ключевых методов, направленных на повышение производительности интернет-платформ в 2025 году. В ней отражены основные подходы к оптимизации, их влияние на скорость загрузки и пользовательский опыт. Данные в таблице позволяют оценить эффективность различных технологий и определить наиболее подходящие решения для конкретных веб-проектов с учетом их специфики и требований.

Анализ результатов исследования

В результате проведенного анализа автором настоящей статьи установлено, что процесс оптимизации веб-приложений представляет собой многослойную задачу, требующую комплексного подхода. Первое — это улучшение производительности интернет-ресурсов определяется взаимодействием различных методов ускорения загрузки страниц, что подчеркивает необходимость их интегрированного применения. По мнению автора, ключевым аспектом повышения эффективности веб-приложений является не изолированное использование отдельных технологий, а их согласованное сочетание. В ходе анализа выявлено, что комбинированное применение методов оптимизации, включая сжатие данных, механизмы кэширования и сети доставки контента (CDN), может обеспечивать прирост скорости загрузки до 60–80 % в зависимости от архитектуры веб-ресурса и характера контента.

Второе — улучшение пользовательского опыта. Скорость отклика интернет-ресурсов оказывает значительное влияние на поведение пользователей. По оценке автора, уменьшение времени загрузки страниц на 1 секунду способно повысить коэффициент удержания аудитории на 5–10 %, а задержка в 3 секунды увеличивает вероятность отказа от взаимодействия с сайтом на 32 %. Эти данные подтверждают, что инвестиции в повышение производительности являются неотъемлемой частью стратегии повышения удовлетворенности пользователей.

Третье — влияние на ключевые бизнес-метрики. Результаты анализа свидетельствуют о том, что высокая скорость загрузки веб-приложений оказывает положительное влияние на коммерческие показатели [8]. В частности, улучшение времени отклика страниц на 100 миллисекунд способно увеличить коэффициент конверсии на 7 %, а снижение времени загрузки с 3 до 2 секунд может повысить видимость ресурса в поисковых системах на 10–15 %. Данный фактор является критически важным для компаний, ориентированных на рост онлайн-аудитории и повышение конкурентоспособности.

В продолжение вышесказанного перспективы дальнейших исследований в области оптимизации веб-приложений связаны с внедрением новых протоколов

передачи данных, таких как HTTP/3, и расширением использования алгоритмов адаптивного рендеринга. По мнению автора, применение этих технологий способно дополнительно сократить задержку загрузки на 20–30 %, обеспечивая более стабильное функционирование веб-ресурсов в условиях изменяющейся сетевой инфраструктуры [9]. На основе изложенного можно заключить, что комплексный подход к оптимизации интернет-платформ является решающим фактором их эффективности, влияя как на пользовательский опыт, так и на бизнес-метрики. Дальнейшие исследования в данной области представляют значительный интерес для развития цифровых технологий и обеспечения стабильности работы интернет-ресурсов.

Выводы

Результаты проведенного анализа подтверждают, что обеспечение высокой производительности веб-приложений представляет собой сложную и многогранную задачу, требующую системного подхода и постоянного контроля за динамикой изменений в цифровой среде на момент 2025 года. Данные приведенного исследования могут служить ориентиром для разработчиков и владельцев интернет-ресурсов, содействуя их усилиям по совершенствованию пользовательского опыта и укреплению конкурентных позиций. Анализ показал, что оптимизация веб-приложений не является разовым мероприятием, а представляет собой непрерывный про-

цесс, включающий мониторинг, тестирование и адаптацию к изменяющимся условиям функционирования сети и пользовательским ожиданиям. Представленные в работе результаты содержат значимые практические рекомендации для специалистов, занимающихся разработкой и модернизацией интернет-ресурсов, стимулируя их к поиску инновационных решений для достижения высокой производительности и повышения удовлетворенности пользователей.

Вектор дальнейших исследований в данной области предполагает разработку и внедрение новых технологий, направленных на повышение скорости и стабильности веб-ресурсов. В частности, перспективным направлением является интеграция передовых методов сжатия данных, применение протоколов нового поколения (таких как HTTP/3), а также использование адаптивных алгоритмов рендеринга. Эти меры способны значительно повысить эффективность цифровых сервисов, обеспечивая их широкую доступность и удобство использования. Как итог, достижение высокой производительности веб-приложений остается актуальной задачей, требующей комплексного подхода и постоянного совершенствования методов оптимизации. Дальнейшие исследования в данной сфере способны внести существенный вклад в развитие интернет-технологий, способствуя повышению скорости, доступности и удобства цифрового взаимодействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ размера и доли рынка веб-производительности — тенденции роста и прогнозы (2024–2029 гг.). Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/web-performance-market> (дата обращения 22.02.2025 г.).
2. Мельников М.О. Оптимизация Django веб-приложений с помощью пулера соединений pgbouncer // Системы управления, сложные системы: моделирование, устойчивость, стабилизация, интеллектуальные технологии: материалы VII Международной научно-практической конференции, Елец. 2021. С. 211–214.
3. Веб-разработка (мировой рынок). Электронный ресурс. Режим доступа: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Веб-разработка_\(мировой_рынок\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Веб-разработка_(мировой_рынок)) (дата обращения 23.02.2025 г.).
4. Фешина Е.В., Куштанок С.А., Мальцева Е.С., Золотарёв С.А. Web-технологии для развития экономики предприятий // ЕГИ. 2023. № 1 (45). С. 269–271.
5. Кравцов Е.П. Эффективное отображение изображений в браузере: техники и стратегии // Проблемы науки. 2024. №4 (85). С. 16–21.
6. Дворяк Д.А. Разработка алгоритмов и методов для оптимизации работы веб-приложения // Инновационная наука. 2024. №2–2. С. 31–36.
7. Логинова Н.В. Методы оптимизации производительности web-приложений // Наука и образование сегодня. 2024. №1 (78). С. 4–10.
8. Красильников И.С. Методы оптимизации и повышения скорости работы клиентской части веб-приложения // Научные труды магистрантов и аспирантов: Сборник научных трудов. Нижневартковский государственный университет, 2020. С. 174–178.
9. Летон Г., Глазко П.Е. Исследование методологии оптимизации рендеринга компонентов на примере Svelte // XI Конгресс молодых учёных: Сборник научных трудов, Санкт-Петербург. 2022. С. 231–234.

© Малявин Максим Юрьевич (grinishina@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»