

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.113.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»
МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РОССИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК**

Аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 22.12.2025 №9

о присуждении Максимову Ярославу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы, модели и метрики сбора данных о производительности клиент-серверных веб-приложений» **по специальности** 2.3.8. Информатика и информационные процессы (технические науки) **принята к защите 20.10.2025 г. диссертационным советом 99.2.113.02, созданным на базе** федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» Минобрнауки России, 390005, Рязанская обл., г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1 **и федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный технологический университет» Минобрнауки России, 440039, Пензенская обл. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1А/11, приказ о создании диссертационного совета № 533/НК от 24 марта 2023 г.**

Соискатель, Максимов Ярослав Александрович, 2 марта 1998 года рождения. В 2025 году соискатель **окончил** аспирантуру в ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника. **Работает**

старшим преподавателем кафедры «Программирование» в ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Программирование» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, Мартышкин Алексей Иванович, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», кафедра «Программирование», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Тарасов Вениамин Николаевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Самара, кафедра «Информатика и робототехнические системы», профессор кафедры;

Ямашкин Станислав Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск, кафедра «Автоматизированные системы обработки информации и управления», доцент кафедры

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, в своем положительном отзыве, обсужденном и одобренном на расширенном заседании кафедры «Вычислительная техника» 03 декабря 2025 г., протокол №5, подписанном заведующим кафедрой «Вычислительная техника» доктором технических наук, доцентом Чернецкой Ириной Евгеньевной и утвержденным проректором по научной работе и международной деятельности ФГБОУ ВО «Юго-Западный

государственный университет», к.т.н., доцентом Алтуховым Александром Юрьевичем, **указала**, что диссертационная работа соответствует указанной специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы (технические науки), удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым ВАК при Минобрнауки России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной задачи совершенствования методов для сбора, анализа и интерпретации данных о производительности клиент-серверных веб-приложений, что позволяет командам разработчиков улучшать качество программного обеспечения через использование представленных методики, метода и моделей, что позволяет повысить уровень удовлетворенности конечных пользователей и имеет важное значение для развития соответствующей области исследования, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы (технические науки).

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, среди которых 5 статей в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК, 1 работа – в изданиях, индексируемых в международной наукометрической базе Scopus, 5 работ в изданиях, индексируемых в РИНЦ, 4 статьи в сборниках трудов всероссийских и международных конференций, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации составляет 7,02 печатных листов, авторский вклад – 77,3%. Недостоверных сведений об опубликованных соискателем работах в диссертации не обнаружено.

Наиболее значимые работы:

1. Максимов Я.А. Обзор современных программных решений в области измерения производительности клиентской части веб-приложений / Я.А. Максимов, А.И. Мартышкин // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 12-2. – С. 348-354.

Максимовым Я. А. рассматриваются проблемы сбора данных производительности клиентской части веб-приложений. Описаны особенности современных SPA-технологий, влияние сложности интерфейсов и JavaScript-кода на скорость отклика и рендеринг. Проанализированы существующие инструменты тестирования производительности (Chrome DevTools, Lighthouse, JMeter, LoadRunner), их возможности и ограничения. Отдельное внимание уделено метрикам Web Vitals, а также методам измерения взаимодействия клиента и сервера. Работа формирует основу для разработки систем оценки производительности клиентских веб-приложений с учетом пользовательских сценариев.

2. Максимов Я.А. Влияние интернет-рекламы на производительность клиентской части веб-приложений / Я.А. Максимов, А.И. Мартышкин // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 11. – С. 52-56.

Максимовым Я. А. проводится анализ влияния интернет-рекламы на производительность клиентских веб-приложений. Проанализированы механизмы загрузки рекламного контента, его отличие от основного содержимого страницы, а также влияние сторонних скриптов, анимации и мультимедиа на время отклика и расход ресурсов. Отдельное внимание уделено проблемам блокировки рекламы, их влиянию на корректность отображения страниц и возможности анализа производительности. Предложен подход к классификации действий браузера с использованием интерфейсов PerformanceTiming и PerformanceNavigation, позволяющий оценивать затраты времени на обработку рекламы и основного контента как ключевой показатель производительности.

3. Максимов Я.А. Как работает выделение памяти на примере браузерного движка V8 / Я.А. Максимов, А.И. Мартышкин // Современные наукоемкие технологии. – 2022. – № 6. – С. 40-46.

Максимовым Я. А. описываются особенности работы памяти языка программирования JavaScript и ее значение для анализа производительности веб-приложений. На примере движка V8 описаны принципы работы со стеком и кучей, автоматического управления памятью и влияния этих процессов на

эффективность клиентских приложений. Приведены практические примеры получения параметров использования памяти с помощью инструментов Node.js.

4. Максимов Я.А. Метод расчета производительности веб-приложения / И.С. Пышкина, Я.А. Максимов, А.И. Мартышкин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2024. – Т. 13. – № 2(66). – С. 43-48.

Максимовым Я. А. предлагается метод сбора данных производительности клиент-серверных веб-приложений, декомпозирующий общее время ответа на передачу, генерацию и отображение. Подход объединяет измерения на клиенте (Web Performance API), прокси-фиксацию сетевых событий и анализ серверных логов (W3C Extended Log Format), а также формализует ключевые интервалы времени и их соотношения с учетом параллелизма и простоев.

5. Максимов Я.А. Подход для создания мобильных приложений, получающих обновления независимо от магазинов приложений / Я.А. Максимов, А.И. Мартышкин, Е.Д. Касаткина, М.И. Панфилова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2025 – Т. 14 – № 2(70). – С. 144-148. – EDN: YJPBUN.

Максимовым Я. А. предлагается подход для создания мобильных приложений с использованием веб-технологий, которые применяются в браузерах и их особенности.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет». Отзыв подписан профессором кафедры «Информационные системы и защита информации», д.т.н., профессором Громовым Юрием Юрьевичем.

2. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписан доцентом института компьютерных наук и кибербезопасности высшей школы компьютерных технологий и информационных систем, д.ф.-м.н., доцентом, Петровым Романом Валерьевичем.

3. Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Рубин», г. Пенза. Отзыв подписан начальником сектора научно-технического центра №3, к.т.н., Турыгиным Игорем Геннадьевичем.

4. Общество с ограниченной ответственностью «Онланта», г. Москва. Отзыв подписан пресейл-менеджером, к.ф.-м.н., Чуркин Валентин Дмитриевич.

5. Воронежский институт высоких технологий – автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования, г. Воронеж. Отзыв подписан президентом, д.т.н., профессором, Львовичем Яковом Евсеевичем.

6. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет». Отзыв подписан профессором кафедры прикладной информатики и информационных технологий, д.т.н., доцентом Черноморцем Андреем Алексеевичем.

7. ООО «НИИ Транснефть», г. Москва. Отзыв подписан старшим научным сотрудником лаборатории программного моделирования, к.ф.-м.н., Сунцовым Андреем Евгеньевичем.

8. Акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт радиоэлектронной техники», Пензенская область, г. Заречный. Отзыв подписан главным специалистом по организации информационного и научно-технического обеспечения, к.т.н. Рыжаковым Константином Викторовичем.

9. Акционерное общество «Р7», г. Нижний Новгород. Отзыв подписан руководителем отдела мультимедийной разработки, к.т.н., Синевым Михаилом Петровичем.

В поступивших отзывах отмечается актуальность работы, новизна полученных результатов и их важность для науки и практики, высоко оценен большой объем работы, выполненной по диссертационному исследованию.

В отзывах указаны следующие замечания: В работе отсутствует описание применения разработанных метода, методики и моделей к различным типам веб-приложений. Будет ли их использование ограничено определенным классом задач. В автореферате работы было указано, что в 2014 произошел

отказ от MVC (Model-View-Controller). Отсутствует уточнение, используется ли сейчас данная архитектура; автореферате недостаточно подробно описано куда встраивается библиотека-агент; недостаточно подробно раскрыт вопрос о масштабируемости программного комплекса. Сохраняет ли разработанное решение работоспособность в современных высокоскоростных сетевых инфраструктурах по типу 5G; каким образом методы оценки производительности снижают время отклика в рамках данной работы. В рамках работы хотелось бы узнать, что в контексте диссертации подразумевается под шагами реконструкции веб-страницы. В работе не описан механизм интеграции библиотеки-агента в уже существующие системы (возможные ограничения, вопросы безопасности и конфиденциальности данных). Стоит более подробно объяснить понятие «сложность» в рамках данной работы. Помимо классического подхода с использованием JavaScript и HTML в современной разработке клиент-серверных приложений в современных браузерах может выполняться код на таких языках как Rust, Kotlin, C++ и других. В работе не уточняется может ли разработанные модели и метод быть применен к иным технологиям реализации клиентского кода. Присваиваются ли веса автоматически или вручную. Из автореферата непонятно, как предложенные модели могут эффективно использоваться совместно с современными фреймворками создания веб-приложений (и с каким проводились эксперименты), где обычно нетривиально произвести оценку таких метрик, как «число строк кода» или «количество конструкций языка программирования». Описание программного комплекса и его компонентов дано преимущественно с архитектурной точки зрения, при этом вопросы масштабирования, отказоустойчивости и интеграции с промышленными системами мониторинга могли бы быть раскрыты более детально; из автореферата видно, что выражение 6 связано со строками кода, но в параграфе речь идет о программных конструкциях. В автореферате не приведены сведения о конфигурации и технических характеристиках оборудования, на котором проводилось экспериментальное исследование; в автореферате нет оценки масштабируемости программного комплекса при росте числа подключенных

клиентов. Нет оценки влияния сети доставки контента (CDN), хотя она прямо упомянута во введении. В автореферате не указан и не обоснован язык программирования, на котором писался программный код, и не упоминается средство создания авторского программного продукта. «Клиент-серверные веб-приложения» не является ли это тавтологией. В автореферате не обоснован выбор технологий, которые используются для создания авторского программного продукта. В тексте автореферата отсутствует описание Q_m , а также откуда оно берется; не были представлены данные о накладных расходах библиотеки-агента, кроме качественного утверждения о «низких накладных расходах». В тексте автореферата упоминается метод сбора данных о производительности клиент-серверных веб-приложений на основе прокси-сервера. Для чего он необходим если он не требует модификации ни клиентской ни серверной части. Не ясно, каким образом методы оценки производительности позволяют снизить время отклика клиент-серверных веб-приложений в рамках данной работы. В работе недостаточно полно раскрыта граница применимости предложенных моделей к различным типам веб-приложений. Отдельные выводы могли бы быть усилены использованием дополнительных графиков, диаграмм или сравнительных таблиц.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их признанным научным авторитетом в рассматриваемой области науки. Они имеют значительный публикационный опыт по тематике диссертационного исследования и способны компетентно оценить его теоретическую новизну и практическую значимость. Оппонент Тарасов В. Н. является специалистом в сфере информационных технологий. За последние 5 лет им опубликовано 10 работ, непосредственно связанных с темой исследований диссертанта. Оппонент Ямашкин С.А. известен работами не только в области обработки и анализа разнородных данных, но и в области веб-технологий. За последние 5 лет им опубликовано 10 научных работ по теме оппонируемой работы.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет» (г. Курск) известен работами в области

исследований клиент-серверных веб-технологий и распределенных вычислительных систем, включая архитектуры, применяемые в современных облачных платформах. Сотрудники данной организации (Таныгин М. О., Шмунко М. С., Патрикеев Д. И., Бондарь О. Г., Поповцев К.К., Романов Г. А., Сажин Г. А. и др.) имеют обширный научный опыт и значительное количество публикаций, относящихся к тематике диссертационного исследования.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается также отсутствием совместных с соискателем проектов и печатных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая методика анализа производительности веб-страниц клиент-серверных приложений, основанная на интеграции метода сбора данных производительности на основе программного комплекса, математических моделей генерации и контента веб-страниц с использованием алгоритма классификации и выявления закономерностей, что позволяет установить взаимосвязь между характеристиками веб-страниц и их временем отклика, а также обеспечить верифицируемую оценку производительности,

предложены оригинальные математические модели и метод:

- математическая модель генерации веб-страницы, которая учитывает влияние таких метрик как количество строк кода, сложность программных конструкций и состояние приложения (количество подключений к базе данных, количество переменных cookie) на время отклика;

- математическая модель контента веб-страницы, описывающая влияние таких метрик контента как общий размер HTML-документа, количество дополнительных объектов, размер и количество JavaScript и CSS-ресурсов на время отклика и позволяющая определять влияние факторов, связанных с контентом веб-страницы, на время отклика;

- метод сбора данных о производительности клиент-серверных веб-приложений, основанный на программном комплексе и использующий микросервисную архитектуру для автоматизированного сбора, анализа и визуализации данных, результатом внедрения которого стало улучшение

качества оценки производительности. Использование программного комплекса обеспечивает снижение времени отклика веб-страниц в среднем на 30% по сравнению с традиционным методом, основанным на прокси-сервере,

доказана существующая взаимосвязь между структурными метриками веб-страниц (количество строк кода, сложность программных конструкций, состояние приложения) и метриками контента (размер HTML-документа, количество дополнительных объектов) с временем отклика клиент-серверных веб-приложений,

введены новые формализованные подходы к оценке производительности веб-приложений на основе комплексного анализа существующих метрик.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана применимость разработанных моделей внутренних синтаксических и структурных метрик веб-страниц для анализа факторов, влияющих на производительность клиент-серверных приложений, и обеспечивающих поддержку на этапе их разработки и в процессе эксплуатации,

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы теории вероятностей и математической статистики для обработки экспериментальных данных, методы экспериментальных исследований, алгоритмические методы анализа последовательностей событий, методы корреляционного и регрессионного анализа,

изложены положения о влиянии синтаксической структуры кода, динамической логики генерации и содержимого веб-страниц на их производительность,

раскрыты противоречия между традиционными методами оценки производительности, учитывающими лишь сетевые и серверные факторы, и необходимостью комплексного подхода, включающего анализ внутренних метрик веб-страниц,

изучены методы теории алгоритмов и вычислительной сложности, включая оценку асимптотики клиентских операций, формальное моделирование стоимости генерации веб-страницы и построение функций

сложности, использование которых позволяет установить причинно-следственные связи между структурой страницы и временем отклика,

проведена модернизация подходов к оценке производительности веб-приложений через создание математических моделей генерации и контента веб-страниц, метода сбора данных о производительности и методики, основанной на алгоритме для их обработки.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены модели времени отклика веб-страницы, метод измерения производительности в АО «НПП «Рубин», г. Пенза в рамках модификации специального программного обеспечения автоматизированной системы управления материально-технического обеспечения, в АО «Радиозавод», г. Пенза при разработке и поддержке программного комплекса сбора и анализа данных производительности для клиент-серверных веб-приложений; метод сбора данных производительности клиент-серверных приложений, математическая модель генерации веб-страницы, математическая модель контента веб-страницы, методика, заключающаяся в интеграции пяти взаимосвязанных элементов, а также алгоритм, реализующий данную методику, в учебный процесс на кафедре «Программирование» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» и используются при подготовке студентов по направлениям бакалавриата 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», 09.03.04 «Программная инженерия» в рамках дисциплин «Основы DevOps и DataOps», «Языки интернет программирования», «Сети и телекоммуникации», «Администрирование информационно-коммуникационных систем», «Компьютерные сети», при подготовке студентов по направлению магистратуры 09.04.04 «Программная инженерия» в рамках дисциплин «Распределенные системы обработки информации», «Протоколы вычислительных сетей» (использование результатов работы подтверждено актами внедрения),

определены перспективы применения результатов разработанных моделей, метода и методики сбора и анализа данных о производительности клиент-серверных приложений на практике,

создан программный комплекс для сбора и анализа данных о производительности клиент-серверных приложений, применение которого в АО Радиозавод позволило снизить время на диагностику проблем на 13,7%,

представлены методические рекомендации по внедрению разработанной методики в процессы разработки и эксплуатации веб-приложений, методические материалы для использования в образовательных целях, а также предложения по дальнейшему совершенствованию математических моделей.

Оценка достоверности результатов исследования:

для экспериментальных работ использовался разработанный программный комплекс, с помощью которого проводились эксперименты на изолированной вычислительной платформе с фиксированной конфигурацией оборудования и программной среды, в результате которых продемонстрирована высокая воспроизводимость результатов при повторных запусках, а также при варьировании структуры клиентского кода; полученные данные обладают статистической устойчивостью и подтверждают достоверность выводов исследования,

теория построена на известных положениях об алгоритмической сложности, структуре клиентских веб-приложений, включая известные закономерности роста вычислительной сложности, вероятностные свойства динамического контента и экспериментально подтвержденные зависимости между синтаксическими метриками и временем отклика,

идея базируется на современном состоянии исследований в области сбора и анализа производительности веб-приложений, учете выявленных ограничений существующих методов мониторинга и понимании тенденций развития клиентских технологий, требующих более глубокой формализации процессов генерации веб-страниц,

использованы методы сравнительного анализа авторских результатов с данными, полученными ранее по рассматриваемой тематике, включая сопоставление с существующими методами сбора данных производительности (прокси-серверный подход, использование фреймов), отечественными и зарубежными патентованными решениями, а также классическими работами и современными исследованиями,

установлены количественные преимущества предложенных автором алгоритма и метода и методики анализа производительности веб-страниц клиент-серверных приложений,

использованы современные методики сбора, агрегирования и интерпретации данных о производительности веб-приложений, современные методы проектирования и анализа полученных результатов, методы планирования и проведения экспериментов, методы анализа экспериментальных данных,

Личный вклад соискателя состоит в разработке моделей, метода, методики и алгоритма; участии в разработке и регистрации программ для ЭВМ; выполнении исследований, обработки и интерпретации полученных данных; подготовке основных научных публикаций по теме диссертации; в апробации результатов исследования на конференциях различного уровня; во внедрении полученных результатов исследования.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1. В диссертации не рассмотрены ограничения использования предложенных методов и методики при работе с современными фреймворками. Отсутствует анализ применимости разработанных моделей к приложениям, использующим технологии помимо JavaScript (Rust, Kotlin, WebAssembly).

2. Математическая модель генерации веб-страницы фокусируется преимущественно на метриках кода и взаимодействия с базой данных, но не учитывает другие значимые факторы, влияющие на производительность. Не рассмотрена нелинейность зависимости сложности от метрик в реальных условиях эксплуатации.

3. Недостаточная проработка архитектурных аспектов программного комплекса. В работе не приводятся сведения о масштабируемости, отказоустойчивости и производительности разработанного программного комплекса в условиях высоконагруженных систем. Не ясен механизм автоматического присваивания весов метрикам в предложенных моделях.

Соискатель Максимов Я. А. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, с частью замечаний согласился.

На заседании 22 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли информационных технологий – разработку метода, моделей, программного комплекса и методики анализа производительности клиент-серверных веб-приложений, обеспечивающих выявление факторов, приводящих к деградации времени отклика, **присудить** Максимову Я.А. **ученую степень кандидата технических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 10 докторов наук по специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного

совета

д.т.н., профессор _____ Костров Борис Васильевич

Ученый секретарь

диссертационного

совета

д.т.н., доцент _____ Колесенков Александр Николаевич



22.12.2025