

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе и  
международной деятельности  
ФГБОУ ВО «Юго-Западный

государственный университет»

К.Т.Н., доцент

А.Ю. Алтухов

2025 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

**Максимова Ярослава Александровича**

«Методы, модели и метрики сбора данных о производительности клиент-серверных веб-приложений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы (отрасль науки – технические) в объединенный диссертационный совет 99.2.113.02 при ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет».

### Актуальность темы исследования

В настоящее время в связи с интенсивным ростом и развитием информационных систем возрастает интерес к проблематике их проектирования и анализу их функционирования. Известно, что большинство современных информационных систем реализуется на основе клиент-серверной архитектуры, при этом их производительность напрямую влияет на эффективность и надежность предоставляемых сервисов. Однако, с ростом сложности клиентской логики, внедрением микросервисных архитектур, асинхронных взаимодействий и гибридных схем рендеринга классические методы сбора данных о производительности, основанные на

анализе серверных логов, фреймах или прокси-сервере, оказываются недостаточными. Они не позволяют учитывать особенности внутренней структуры веб-страниц, контента и клиентского поведения, что делает задачу комплексного сбора данных производительности межкомпонентной и научно значимой. Важность исследования обусловлена необходимостью разработки методов достоверного сбора данных и моделей анализа производительности веб-приложений непосредственно в их среде выполнения. Актуальность темы становится особенно важной в связи с быстрым развитием технологий браузерного профилирования, распределенных вычислений и DevOps-практик, требующих систематического мониторинга метрик на стороне клиента и их корреляции с серверными показателями. Предложенный в работе метод, основанный на использовании программного комплекса на основе микросервисной архитектуры с встраиваемой библиотекой-агентом, отвечает современным требованиям инженерии высоконагруженных систем и подходам к наблюдаемости. Он обеспечивает сбор данных в реальном времени без модификации серверной логики и минимальные накладные расходы на производительность.

Таким образом, тема исследования является актуальной и востребованной как в научной, так и в практической сферах.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации,** обусловлена тем, что в ней корректно представлены решаемые задачи, аргументировано использованы математические выводы, подтвержденные экспериментальными проверками и сравнением результатов с объективными данными.

Достоверность научных положений, результатов и выводов, приведенных в диссертационной работе, подтверждается аprobацией на Международных и Всероссийских научно-технических конференциях, рецензированием и научно-технической экспертизой 5 статей в научных рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, 1 статьей,

индексируемой в международной научометрической базе Scopus, а также двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Содержание представленной диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы, а именно: п.1 – разработка компьютерных методов и моделей описания, оценки и оптимизации информационных процессов и ресурсов, а также средств анализа и выявления закономерностей на основе обмена информацией пользователями и возможностей используемого программно-аппаратного обеспечения; п.9 – разработка архитектур программно-аппаратных комплексов поддержки цифровых технологий сбора, хранения и передачи информации в инфокоммуникационных системах, в том числе, с использованием «облачных» интернет-технологий и оценок их эффективности.

### **Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформированных в диссертации.**

Новыми являются следующие научные результаты:

1. Создан метод сбора данных о производительности клиент-серверных приложений, который реализован в программном комплексе, состоящем из отдельных масштабируемых компонентов микросервисной архитектуры, отличающийся встроенной в клиентские веб-страницы библиотекой-агентом, что позволяет снизить накладные расходы на выполнение сбора данных.

2. Разработана математическая модель генерации веб-страницы, отражающая влияние на время отклика структурных метрик веб-страниц, число строк кода, программных конструкций и состояние приложения, отличающаяся формализацией синтаксических конструкций, что дает возможность количественно оценить формирование страницы на сервере еще до передачи клиенту.

3. Разработана математическая модель контента веб-страницы, отличающаяся представлением контент веб-страницы активным фактором,

влияющим на работу клиентской части приложения одновременно с метриками контента, что позволяет осуществить количественную оценку производительности.

4. Предложена новая методика и алгоритм оценки свойств веб-страницы по внутренним метрикам страницы, которые в отличие от аналогов, учитывающих лишь функции сетевых и серверных факторов, учитывают синтаксическую структуру кода, динамическую логику генерации и содержимое страницы, что дает возможность получения единого и полного критерия оценки.

### **Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов.**

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в совершенствовании методов, моделей и метрик для сбора и анализа данных о производительности клиент-серверных веб-приложений

Практическая значимость полученных результатов диссертационной работы выражается в том, что использование предложенных в диссертации методов, моделей и алгоритмов помогает выявить факторы, негативно влияющие на время отклика клиент-серверных веб-приложений. Используя предложенные методы, модели и метрики, разработчик сократит затраты времени на улучшение работы клиент-серверных приложений, а также их поддержку.

Основные результаты, полученные соискателем, внедрены в:

АО «НПП «Рубин», г. Пенза в рамках модификации специального программного обеспечения автоматизированной системы управления материально-технического обеспечения.

- АО «Радиозавод», г. Пенза при разработке и поддержке программного обеспечения производственного процесса.
- Пензенском государственном технологическом университете в образовательном процессе на кафедре «Программирование» в рамках

обучения студентов по направлениям бакалавриата 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и 09.03.04 «Программная инженерия» в рамках дисциплин «Основы DevOps и DataOps», «Языки интернет программирования», «Сети и телекоммуникации», «Администрирование информационно-коммуникационных систем», «Компьютерные сети», а также при подготовке студентов по направлению магистратуры 09.04.04 «Программная инженерия» в рамках дисциплин «Распределенные системы обработки информации», «Протоколы вычислительных сетей».

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

Полученные результаты, рекомендации и выводы, изложенные в диссертации, целесообразно использовать в организациях, осуществляющих научные исследования и разработку программных систем, для проведения внутреннего аудита качества и при улучшении клиентских и серверных компонентов, а также для проведения точного сбора данных и анализа факторов, влияющих на производительность клиент-серверных веб-приложений.

### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению.**

Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста, и состоит из списка сокращений, введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка литературы из 115 наименований, включающего работы отечественных и зарубежных авторов, и приложений. Диссертация содержит 23 рисунка и 23 таблицы.

**Во введении** представлены актуальность темы диссертационной работы, обоснованы цель и задачи исследования, выведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** был выполнен обзор развития архитектуры клиент-серверных веб-приложений и проанализированы существующие методы оценки их производительности. Проведен обзор архитектурных подходов (SSR, SPA, гибридные решения) и выявлены факторы, влияющие на время отклика. Представлены основные метрики производительности для клиента и сервера. Был выполнен обзор патентных и научных решений, которые включают методы на основе прокси-сервера и фреймов, выявлены их ограничения. На основе анализа обоснована необходимость разработки нового метода сбора данных, обеспечивающего более точный сбор данных о производительности.

**Во второй главе** приведено подробное описание предлагаемых моделей, метода и методики, которые формализуют влияние количества строк кода, программных конструкций, обращений к базе данных и размера контента на производительность приложения. В главе рассмотрены:

1. Метод сбора данных о производительности клиент-серверных приложений, который реализуется с помощью программного комплекса, состоящего из отдельных масштабируемых компонентов микросервисной архитектуры, отличающийся встроенной в клиентские веб-страницы библиотекой-агентом, что позволяет снизить накладные расходы на выполнение сбора данных.
2. Математическая модель генерации веб-страницы, отражающая влияние на время отклика структурных метрик веб-страниц, число строк кода, сложность программных конструкций и состояние приложения, отличающаяся формализацией синтаксических конструкций, что дает возможность количественно оценить сложность формирования страницы на сервере еще до передачи клиенту.
3. Математическая модель контента веб-страницы, отличающаяся представлением контент веб-страницы активным фактором, влияющим на работу клиентской части приложения одновременно с метриками контента, что позволяет осуществить количественную оценку производительности.;

**4.** Методика и алгоритм оценки свойств веб-страницы по внутренним метрикам страницы, которые в отличие от аналогов, учитывающих лишь функции сетевых и серверных факторов, учитывают синтаксическую структуру кода, динамическую логику генерации и содержимое страницы, что дает возможность получения единого и полного критерия оценки.

**Третья глава** посвящена описанию разработанного программного обеспечения для сбора данных о производительности клиент-серверных веб-приложений. Программный комплекс использует предложенные автором модели, метод и методику, описанные во второй главе. Спроектированное программное обеспечение позволяет собирать, хранить и анализировать метрики производительности клиент-серверных веб-приложений в реальном времени, выявлять отклонения, уведомлять пользователей о превышении пороговых значений и обеспечивать мониторинг веб-приложений.

**В четвертой главе** проведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающих эффективность предложенных методов и моделей. Описаны условия проведения экспериментов, структура тестовых веб-страниц и набор используемых метрик. Проведен анализ влияния различных факторов: количество строк кода, программных конструкций, обращения к базе данных, размер контента и использования cookie и их влияние на время отклика веб-страниц. Полученные данные подтвердили зависимость времени отклика от метрик структурных и метрик контента страницы. Результаты показали, что использование разработанного метода сбора данных на основе программного комплекса позволяет снизить среднее время отклика на 30 % по сравнению с традиционным методом на основе прокси-сервера. На основе собранных данных выполнена верификация математических моделей и подтверждена их применимость для оценки производительности клиент-серверных веб-приложений.

**В заключении** приведены основные результаты и выводы диссертации.

Публикации отражают основные положения и результаты диссертационного исследования. Полученные материалы в достаточной мере апробированы на научных конференциях различного уровня, соответствующих тематике выполненной работы.

Автореферат корректно и в полном объеме отражает содержание диссертационной работы, основные результаты исследования и их научную и практическую значимость.

Представленные диссидентом научные результаты, имеют большое значение для науки и практики.

Основные положения диссертационного исследования не вызывают возражений.

В то же время по содержанию работы имеются следующие замечания:

1. В работе отсутствует описание применения разработанных метода, методики и моделей к различным типам веб-приложений. Будет ли их использование ограничено определенным классом задач?
2. В автореферате работы было указано, что в 2014 произошел отказ от MVC (Model-View-Controller). Отсутствует уточнение, используется ли сейчас данная архитектура.
3. Недостаточно подробно раскрыт вопрос о масштабируемости программного комплекса.
4. Слабо освещен вопрос перспективности дальнейших исследований и возможных улучшений предлагаемых решений.
5. Объем автореферата следовало бы сократить.

Отмеченные замечания не снижают качества научной и практической значимости работы, и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования и полученных соискателем результатов.

### **Заключение по диссертации.**

Диссертационное исследование Максимова Ярослава Александровича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена

научная задача 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 в конечном итоге обеспечивает повышение уровня удовлетворенности конечных пользователей, а также имеет важное значение для развития соответствующей области исследования.

Диссертация выполнена автором самостоятельно на актуальную тему, обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты.

Диссертация отвечает требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы (отрасль науки – технические), установленным п.9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842. Автор диссертационной работы Максимов Ярослав Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук

Отзыв рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры вычислительной техники ФГБОУ «Юго-Западный государственный университет». Протокол №5 от «3» декабря 2025 года.

Зав. кафедрой вычислительной техники  
д.т.н., доцент

И.Е. Чернецкая



03.12.2025г.

**Контактная информация:**

Ф.И.О: Чернецкая Ирина Евгеньевна

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательного учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Почтовый адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Должность: заведующий кафедрой вычислительной техники.

Тел.: +7(471)250-48-00

e-mail: white731@yandex.ru

Докторская диссертация защищена по научной специальности 05.13.06 –  
Автоматизация и управление технологическими процессами и  
производствами (промышленность)

С отчуждением

5.12.2025

Илья