

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «Пензенский  
государственный технологический  
университет», д.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Д.А. Трокоз

\_\_\_\_\_ 2025 г.

ОТЗІ

ведущей организации на диссертационную работу

**Рубцова Алексея Алексеевича**

«Специальное математическое и программное обеспечение децентрализованного обслуживания высокоинтенсивных составных запросов в распределенных системах доставки данных», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» в диссертационный совет 24.2.286.04, созданный на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

**Актуальность темы исследования** обусловлена решением задачи повышения оперативности обслуживания потоков запросов к данным в многоузловых распределенных вычислительных архитектурах, примерами которых выступают системы кэш-памяти многоядерных процессоров, сервисы распределенных очередей сообщений, сети доставки контента и ряд других систем, отнесенных в исследовании к обобщенному классу систем доставки данных (СДД). При этом с ростом масштабов таких систем и уровнем их распределенности, а также, с существенно возросшими характеристиками потоков запросов на доставку требуемых данных, возрастает и сложность применяемых для решения этой проблемы методов и алгоритмов.

Одним из основных недостатков существующих решений является игнорирование высокой степени автономности узлов отдельной распределенной вычислительной системы. Существующие методы и алгоритмы ориентированы на распределенные вычислительные инфраструктуры с детерминированной или имеющей слабую степень динамики структурой, а другие формализуют оптимизационную задачу согласованности и оперативности доставки данных в условиях ограничений,

что в ряде случаев является неприемлемым для современных реализаций систем распределенных вычислений с автономными узлами. Это подчеркивает необходимость разработки научно-технических решений для децентрализованного управления процессом доставки данных.

Актуальность темы диссертационного исследования Рубцова Алексея Алексеевича продиктована необходимостью разработки специальных средств математического и программного обеспечения распределенных вычислительных систем, обслуживающих потоки запросов, с целью решения задачи повышения оперативности обслуживания этих потоков в условиях их высокой интенсивности. Проблема особенно актуальна для составных запросов с множеством подзапросов. Исследования Рубцова А.А. нацелены на улучшение скорости обслуживания составных запросов узлами распределенных систем доставки данных в условиях их изменчивой интенсивности.

Таким образом, тема исследования актуальна и востребована как в научной, так и в практической сферах.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений соискателя, сформулированных в диссертации,** обеспечены тем, что в ней корректно представлены решаемые задачи, аргументированно использованы известные научные методы, адекватные природе изучавшихся процессов. Теоретическая состоятельность работы подтверждается непротиворечивостью известным результатам исследований в выбранной предметной области. При этом теоретические результаты исследования в общем случае не противоречат полученным в ходе исследования результатам численных экспериментов.

Достоверность и обоснованность полученных результатов проведенного Рубцовым А.А. исследования обеспечивается адекватным применением известных математических методов и подтверждается результатами проведенных экспериментов, а также апробацией на Международных и Всероссийских научно-технических конференциях, рецензированием и научно-технической экспертизой 2 статей, входящих в перечень ВАК РФ, 1 статьей, индексируемой в международной

научнометрической базе Scopus, полученным 1 свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (технические науки): п.3 «Модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем»; п.8 «Модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования».

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

Новыми являются следующие результаты:

1. Разработка модели распределенной системы доставки данных, отличающейся от известных возможностью определения времени отклика узла доставки данных и других вероятностно-временных характеристик обслуживания высокоинтенсивных составных запросов, базирующаяся на подмножестве одноканальных систем массового обслуживания с приоритетной схемой обработки подзапросов.

2. Разработка алгоритма объединения узлов распределенной системы доставки данных, обеспечивающего повышение оперативности обслуживания составных запросов высокой интенсивности и отличающегося от известных динамическим объединением узлов на основе их пириногового взаимодействия в логических группы параллельного обслуживания подзапросов составных запросов.

3. Разработка алгоритма взаимного информационного согласования узлов распределенной системы доставки данных, обеспечивающего решение задачи включения/исключения отдельных узлов логической группы, обслуживающих высокоинтенсивные потоки составных запросов, отличающегося от известных использованием обратного варианта аукционной модели Викри.

4. Разработка структуры программного комплекса многоузловой распределенной системы доставки данных, отличающейся от известных

реализацией механизмов встраивания оверлейной вычислительной инфраструктуры, обеспечивающей поддержку динамического однорангового междузлого взаимодействия в процессе взаимного информационного согласования и обслуживания составных запросов подмножеством входящих в нее узлов.

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

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке нового подхода к взаимному информационному согласованию автономных узлов распределенной системы доставки данных, что существенно повышает их логическую интеграцию и снижает время отклика на составные запросы в условиях вариативности интенсивности обращений.

Практическая значимость разработки выражается в создании структуры программного комплекса взаимного информационного согласования узлов, способствующего интеграции в современные системы управления распределенными данными.

Основные результаты исследования внедрены:

- в виде специального программного модуля в составе программного обеспечения защищенной системы хранения, обработки и доставки информации ООО «Плюспэй»;

- в образовательный процесс Академии ФСО России (дисциплина – «Компьютерные сети»).

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

Полученные результаты, рекомендации и выводы, изложенные в диссертации, могут быть использованы научными и проектными организациями, занимающимися вопросами распределенных информационных систем, крупными ИТ-компаниями, где могут повысить оперативность обработки запросов пользователей к различным данным, а также учреждениями высшего образования в образовательном процессе по соответствующим направлениям подготовки технического профиля.

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

Диссертация изложена на 164 страницах машинописного текста и состоит из списка сокращений, введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 128 наименований, включающего работы отечественных и зарубежных авторов, и приложений. Диссертация содержит 50 рисунков и 10 таблиц.

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

**В первой главе** проведен анализ характеристик аппаратного и программного обеспечения систем доставки данных на различных уровнях иерархии систем распределенных вычислений. На основе проведенного обзора обоснована необходимость усовершенствования математического и программного обеспечения, которое позволит повысить оперативность обслуживания потоков составных запросов узлами распределенных систем доставки данных в условиях нестационарного характера их интенсивности.

**Вторая глава** посвящена математическому моделированию узлов для нестационарного потока составных запросов. А именно, разработана модель распределенной системы доставки данных, обеспечивающая определение вероятностно-временных характеристик обслуживания высокоинтенсивных составных запросов, позволяющих оценить производительность системы доставки данных произвольной структуры по показателю оперативности обслуживания запросов. Разработанная модель отличается от известных использованием подмножества одноканальных систем массового обслуживания с приоритетной схемой обработки подзапросов, использующей для получения моментов распределения интервалов их обслуживания аппроксимацию гиперэкспоненциальным распределением.

**Третья глава** предлагает алгоритмы объединения узлов распределенной системы доставки данных в логические группы с использованием механизма пирингового взаимодействия и их взаимного информационного согласования в процессе объединения, основанного на комбинированной обратной схеме аукциона Викри (централизованные:

инициализация и завершение аукциона, децентрализованное принятие решение об участии в аукционе), которые обеспечивают формирование логических групп узлов для динамического обслуживания высокоинтенсивных потоков составных запросов.

Важным аспектом работы является предложенный алгоритм объединения узлов, который обеспечивает информационную согласованность между ними. С учетом того, что в современных распределенных системах узлы могут иметь разные характеристики и производительности, данный алгоритм позволяет динамически управлять их объединениями в логические группы, что особенно полезно в условиях изменяющейся нагрузки.

**В четвертой главе** представлена архитектура программно-реализованной многоузловой распределенной системы доставки данных, основанной на оверлейно развертываемом аукционном блоке формирования логической группы узлов и обеспечивающая поддержку однорангового межсетевого взаимодействия в процессе взаимного информационного согласования подмножества входящих в нее узлов. Результаты имитационного эксперимента подтверждают достижение цели исследования. На реализованные элементы разработанного ПО системы доставки данных, основанной на оверлейно развертываемом аукционном блоке формирования логической группы узлов, получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ в реестре ФИПС.

**В заключении** подводятся итоги и выделяются направления для будущих исследований.

Публикации в полной мере отражают содержание диссертации. Работа в достаточной степени апробирована на научных конференциях разного уровня по тематике диссертационного исследования.

Автореферат корректно и полностью отражает содержание диссертации.

Представленные диссертантом научные результаты имеют большое значение для науки и практики.

Основные положения диссертационного исследования не вызывают возражений.

В тоже время по содержанию работы и автореферату имеются следующие замечания:

1. В цели и поставленных задачах исследования недостаточно подробно изложена особенность составных запросов к системам СДД, отличающая их от иных видов запросов.

2. Показателем эффективности выбрано время отклика на обслуживание составного запроса. При этом не рассматривается решение задачи обеспечения целостности (согласованности) доставляемых в ответ на этот составной запрос данных. В ряде случаев порядок их поступления может быть критически важен.

3. Имитационная модель многоузловой децентрализованной вычислительной системы не выносится в качестве положения, выносимого на защиту, в связи с чем, возникает вопрос о ее необходимости.

4. Структура автореферата имеет несущественные отклонения в части логического порядка следования представляемого материала.

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

#### **Заключение по диссертации.**

Диссертационное исследование Рубцова Алексея Алексеевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача – повышение оперативности обслуживания потоков составных запросов узлами распределенных систем доставки данных в условиях нестационарного характера их интенсивности за счет разработки математического и программного обеспечения децентрализованного формирования логических групп узлов доставки данных, имеющая важное значение для развития соответствующей области исследования.

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

По своей актуальности, значимости полученных результатов и научному уровню работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением

Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор диссертационной работы Рубцов Алексей Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры «Информационные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», протокол № 6 от «14» января 2025 года.

Зав. кафедрой «Информационные технологии и системы», д.т.н., профессор

М.Ю.Михеев

**Контактная информация:**

Ф.И.О.: Михеев Михаил Юрьевич

Организация: федерального государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет»

Почтовый адрес: 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11

Должность: заведующий кафедрой «Информационные технологии и системы»

Тел.: (841-2) 49-60-09

e-mail: mix1959@gmail.com

Докторская диссертация защищена по научной специальности 05.11.01 «Приборы и методы измерения по видам измерений».

