

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу  
Тугова Андрея Владимировича  
на тему «Модели и методы распределения информационных и  
вычислительных ресурсов гетерогенных центров обработки данных»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.3.8 – «Информатика и информационные процессы»**

**Актуальность темы исследования.** Диссертационная работа посвящена проблеме повышения эффективности системы распределения информационных и вычислительных ресурсов в центрах обработки данных (ЦОД). Тематика актуальна, поскольку ЦОД – ключевые компоненты современной ИТ-инфраструктуры. В условиях стремительного роста объемов информации потребности в вычислительных ресурсах ЦОД также непрерывно возрастают.

Кроме того, современные ЦОД становятся все более сложными и гетерогенными, что требует применения новых подходов и технологий для обеспечения их функционирования. В условиях растущей плотности размещения ИТ-оборудования и увеличения вычислительных мощностей традиционные средства управления становятся малоэффективными. При этом возникает необходимость в новых моделях, методах и алгоритмах эффективного распределения ресурсов с учетом разнородности серверов и приложений.

Исследования и разработка путей повышения эффективности распределения ресурсов в гетерогенных ЦОД – актуальная задача, решение которой позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы и повысить эффективность работы ЦОД, что имеет важное практическое значение.

**Структура и содержание работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 212 страниц, в т.ч. 25 таблиц и 67 рисунков.

Во введении обоснованы актуальность, научная новизна, практическая значимость работы и сформулированы положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу задач распределения информационных и вычислительных ресурсов ЦОД, проведен обзор существующих подходов.

Во второй главе представлена модель первоначального размещения виртуальных машин (VM) в гетерогенном ЦОД. Поставлена задача многокритериальной оптимизации размещения VM по физическим серверам, для решения которой адаптирован муравьиный алгоритм с параметрами (сбалансированное решение по энергопотреблению, неиспользованные ресурсы и выполнение соглашений об уровне сервиса).

Третья глава посвящена моделям и методам динамического распределения ресурсов ЦОД, включая мониторинг и прогнозирование нагрузки серверов, а также выбор VM и физических серверов для размещения и миграции VM.

В четвертой главе изложена модель выбора серверов для размещения VM.

В пятой главе описаны имитационные модели, алгоритмы первоначального и динамического размещения, а также освещены вопросы интеграции разработанных методов и алгоритмов в промышленные облачные платформы.

В заключении приведены результаты, сделаны выводы о достижении поставленных цели и задач. В приложениях содержатся иллюстрации по главам, свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и акты о внедрении результатов.

**Обоснованность и достоверность научных положений и выводов** подтверждены моделированием и практической апробацией, показавшими повышение энергоэффективности ЦОД при сохранении качества обслуживания. Отметим внедрение разработанных решений в реальных условиях функционирования ЦОД, подтвержденных документально.

**Научная новизна.** В диссертации разработаны модели и методы повышения эффективности планирования информационных и вычислительных ресурсов гетерогенных ЦОД. К основным научным результатам можно отнести модель и метод первоначального размещения ВМ в гетерогенном ЦОД, а также модель и метод рационального динамического размещения ВМ.

**Теоретическую и практическую значимость работы** составляет совокупность научно-технических решений для повышения эффективности использования ресурсов ЦОД. Важное значение имеют разработанные алгоритмы размещения разнородных ВМ и архитектура планировщика ресурсов.

**Апробация работы и публикации по диссертации.** Основные положения и результаты диссертационного исследования были изложены на всероссийских и международных научных конференциях. Автором диссертации опубликовано 30 научных работ, включая 13 статей в журналах из перечня ВАК, из них 4 статьи по специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы» (технические науки), а также 8 статей в журналах, индексируемых Scopus.

Имеется ряд актов о внедрении результатов («МТС», «ВымпелКом» и др.).

#### **Замечания по диссертационной работе.**

В работе отмечаются следующие недостатки:

1. Понятие гетерогенности ограничено GPU-ускорителями, тогда как в реальности зачастую охватывает гораздо более широкий спектр архитектурно-инфраструктурных характеристик и сетевых топологий.

2. Не исследованы такие современные методы распределения ресурсов, как глубокое обучение с подкреплением, гибридные эволюционные алгоритмы и др. При этом выбор более простых методов, видимо, обусловлен необходимостью решений, близких к реальному времени и критичных для управления ЦОД.

3. Недостаточно подробно описаны ограничения на ВМ (в т.ч. переносимость и распределение по физическим серверам), а также не рассмотрено влияние алгоритмов размещения ВМ на работу системы охлаждения ЦОД.

4. Отсутствует описание личного вклада автора в публикациях, что затрудняет понимание его роли в результатах работы.

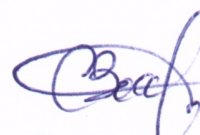
Указанные замечания не снижают общего уровня и научной и практической ценности диссертации как завершенного исследования.

**Заключение.** Диссертация Тутова Андрея Владимировича на тему «Модели и методы распределения информационных и вычислительных ресурсов гетерогенных центров обработки данных» является актуальной, обладает научной новизной, практической значимостью, и представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование. Основные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы и достоверны.

Диссертация соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а соискатель, Тутов А.В., заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8 – «Информатика и информационные процессы (технические науки)».

На включение персональных данных, содержащихся в отзыве, в документах, связанных с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку согласен.

**Официальный оппонент,**  
Профессор Департамента  
Бизнес-информатики НИУ ВШЭ,  
доктор технических наук, доцент



Зыков Сергей Викторович

28.04.2026 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

Адрес организации: 115126, Москва, ул. Шаболовка, д.26, стр.3.

Телефон: +7 (495) 772-95-90

Адрес электронной почты: [szykov@hse.ru](mailto:szykov@hse.ru)

Подпись д.т.н., профессора С.В. Зыкова удостоверяю

