

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук

Стенограмма  
заседания диссертационного совета  
24.1.107.03

04 июня 2026 года

Защита диссертации Тутова Андрея Владимировича на соискание учёной степени кандидата технических наук на тему «Модели и методы распределения информационных и вычислительных ресурсов гетерогенных центров обработки данных» по специальности 2.3.8. – «Информатика и информационные процессы».

Москва 2026

## Стенограмма

заседания диссертационного совета 24.1.107.03 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук

Председатель диссертационного совета – д.т.н. В.М. Вишневский.

Учёный секретарь совета - д.т.н. Е.А. Барабанова

Состав совета утверждён в количестве 16 человек. На заседании из 16 членов присутствуют 12 человек, по профилю рассматриваемой специальности присутствуют 6 докторов наук.

| No | Фамилия, имя, отчество | Уч. степень, шифр | Явка |
|----|------------------------|-------------------|------|
| 1  | Вишневский В.М.        | д.т.н. 2.3.5      | очно |
| 2  | Мещеряков Р.В.         | д.т.н. 2.3.8      | очно |
| 3  | Барабанова Е.А.        | д.т.н. 2.3.5      | очно |
| 4  | Захарова А.А.          | д.т.н. 2.3.8      | очно |
| 5  | Калашников А.О.        | д.т.н. 2.3.5      | очно |
| 6  | Калянов Г.Н.           | д.т.н. 2.3.8      | очно |
| 7  | Ковалёв С.П.           | д.ф.-м.н. 2.3.8   | очно |
| 8  | Лебедев В.Г.           | д.т.н. 2.3.8      | очно |
| 9  | Фархадов М.П.          | д.т.н. 2.3.5      | очно |
| 10 | Филимонюк Л.Ю.         | д.т.н. 2.3.8      | очно |
| 11 | Вытовтов К.А.          | д.т.н. 2.3.5      | очно |
| 12 | Жилякова Л.Ю.          | д.ф.-м.н. 2.3.5   | очно |

### **Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Сегодня у нас большая программа, две защиты. Напоминаю, что первую защиту мы сейчас начинаем, а вторая начнется с 15 часов. Так что, просьба членов ученого совета для того, чтобы кворум был присутствовать и на второй защите. Заседание совета мы имеем право начинать, в связи с тем, что на основании явочного листа присутствует 12 членов совета, из них по специальности 2.3.8 - 6 членов совета. Сегодня 4 июня, московское время 12 часов 9 минут. Мы начинаем заседание диссертационного совета, на котором, еще раз повторяю, присутствует 12 членов совета из 16. Есть предложение открыть сегодняшнее заседание. Кто за это предложение прошу голосовать? За? Против? Воздержавшиеся? Нет. Единогласно. На повестке дня защита диссертации соискателя Тутова Андрея Владимировича. Тема диссертации «Модели и методы распределения информационных и вычислительных ресурсов гетерогенных центров обработки данных». Научный руководитель, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией эргатических систем ИПУ РАН, доктор технических наук, старший научный сотрудник Фархадов Маис Пашаевич.

Официальные оппоненты: Зыков Сергей Викторович, профессор департамента бизнес-информатики Национального исследовательского университета Высшая школа экономики, доктор технических наук, доцент. Кочеткова Ирина Андреевна, доктор физико-математических наук, доцент кафедры теории вероятности и кибербезопасности Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы. Ведущая организация – Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр «Информатика и управление» Российской академии наук», кратко ФИЦ ИУ РАН.

Слово представляется ученому секретарю Барабановой Елизавете Александровне для обзора поступивших в Совет документов соискателя.

**Д.т.н. Е.А. Барабанова (учёный секретарь совета):**

Соискателям представлены в Совет все необходимые документы и материалы согласно пункту 29 положения о совете по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. А именно: это заявление от 2 марта 2026 года, подписанное председателем диссертационного совета; подтверждение размещения на сайте ИПУ РАН полного текста диссертации от 10 марта 2026 года; копия диплома о высшем образовании, два экземпляра; справка о сдаче кандидатских экзаменов в двух экземплярах. Диссертация, автореферат, положительное заключение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления имени Вадима Александровича Трапезникова Российской академии наук - организации, где выполнялась диссертация; отзыв научного руководителя Фархадова Маис Паша оглы, а также в деле имеется протокол заседания диссертационного совета по предварительной экспертизе диссертации, протокол принятия к защите диссертации и автобиография соискателя.

Тутов Андрей Владимирович родился 30 июля 1975 года в городе Москва. Учился в средних школах №2, №8 в городе Видное Московской области в классе с углубленным изучением математики. После окончания школы поступил в Московский государственный авиационно-технологический университет имени Циолковского (ныне Московский Авиационный Институт). В 1998 году закончил ВУЗ по специализации «Научно-техническая экспертиза, сертификация и информационные технологии в машиностроении». Получил квалификацию «инженера», специальность «Авиационные двигатели и энергетические установки».

В 2017 году окончил заочную аспирантуру Ордена Трудового Красного Знамени Федерального Государственного Бюджетного Образовательного Учреждения Высшего Образования Московского Технического Университета Связи и Информатики. С февраля по сентябрь 2025 года являлся соискателем для подготовки диссертационной работы в лаборатории 17 Эргатических систем Института проблем управления имени Трапезникова Российской академии наук.

Работал в компаниях РУСАЛ, Главстрой, РЖД по направлению информационных технологий и разработки программного обеспечения. Также был генеральным директором компании «Продуктивные ресурсы», разрабатывающей корпоративные информационные системы. В настоящее время является руководителем службы информационных технологий в международной компании АО «БВТ БАРЬЕР РУС» и работает с 2017 года старшим преподавателем кафедры корпоративных информационных систем МТУСИ. В целом за трудовую и научную деятельность написал свыше 100 научно-исследовательских статей по информатике и телекоммуникационной тематике. Женат, один ребенок, военнообязанный, не служил, судимости нет. Все документы, представленные соискателем, удовлетворяют установленным требованиям Высшей аттестационной комиссии.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Слово представляется соискателю, Тутову Андрею Владимировичу, для доклада. Пожалуйста.

**А.В. Тутов (соискатель):**

*(кратко излагает актуальность темы, основные положения диссертации, содержащие научную новизну, результаты исследований. Автореферат диссертации и раздаточный материал имеется у каждого члена диссертационного совета).*

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Спасибо. Коллеги, какие вопросы? Просьба задавать соискателю. Пожалуйста, первый Роман Валерьевич.

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

Большое спасибо, Андрей Владимирович. Могли бы Вы открыть цель работы? Скажите, пожалуйста, охарактеризуйте, что вы достигли цель диссертационной работы, что вы понимаете под словами энергоэффективность, эффективность и так далее.

**А.В. Тутов (соискатель):**

Целью диссертационной работы, как было отмечено, являлось обеспечение высокой энергоэффективности ЦОДа за счет разработки моделей и методов, повышающих эффективность работы планировщика ресурсов. Результаты имитационного моделирования показали, что предложенные критерии, модели и методы влияют на энергоэффективность и при подборе коэффициентов, подборе весов в многокритериальных алгоритмах, когда мы сводим к свёртке, можем достичь более лучших результатов, чем применяемые на практике методы, что в свою очередь означает более высокую энергоэффективность ЦОДа.

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

Да, тогда охарактеризуйте, что такое высокая энергоэффективность инфокоммуникационной системы применительно к себе? А почему она высокая или не очень высокая? Как-то в численных выражениях, в критериальных могли бы охарактеризовать?

**А.В. Тутов (соискатель):**

Есть специальный термин, характеризующий энергоэффективность ЦОДа. Это отношение электроэнергии, которую потребляет весь ЦОД, к электроэнергии, которую потребляет инфокоммуникационная система. В общем, этот показатель численный, многие компании-разработчики пытаются свести его, привести к единице. Численных результатов в данной работе нет, показаны относительные результаты с помощью методов имитационного моделирования.

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

Я, наверное, все-таки поправлю. Не то, что нет – если Вы скажете нет, тогда цель не достигнута. А у вас они, наверное, все-таки есть, и как-то Вы их охарактеризуете. Не единица там, а с чего до чего у вас повысилась энергоэффективность. То есть соотношение затрат энергии на вычислительные ресурсы к общим затратам ЦОДа, правильно? Хотя бы порядки назовите, что Вы не только окружающую среду греете.

**А.В. Тутов (соискатель):**

Можно, сейчас открою слайд. В первую очередь за счет отключения неиспользуемого оборудования. Когда мы осуществляем динамическое перераспределение, результаты имитационного моделирования показывают, что мы можем, во-первых, сэкономить электроэнергию ЦОДа, либо мы можем повысить стабильность, так как это противоречащие критерии между собой, повысить стабильность обычных сервисов.

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

Мы с вами не отходим от цели работы. Мы должны увидеть, что вы ее достигли. Правильно я понимаю, что третья колонка энергопотребления, это как раз она и характеризует энергопотребление ЦОДа?

**А.В. Тутов (соискатель):**

Да

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

А коэффициент какой? Отношение энергопотребления вычислительных ресурсов к энергопотреблению ЦОДа. Ну порядка какие, Вы же наверняка проводили эти сравнения?

**А.В. Тутов (соискатель):**

К сожалению, не смогу сейчас ответить точными цифрами.

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

Такие эксперименты проводились, да?

**А.В. Тутов (соискатель):**

Да, проводились.

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

Спасибо. И второй вопрос. Мне бы хотелось, чтобы вы охарактеризовали, какую научную задачу вы решили в соответствии с пунктом 9 положения ВАК. Как вы оцениваете, за что вам дается ученая степень кандидата технических наук?

**А.В. Тутов (соискатель):**

В первую очередь, наверное, это модели и методы первоначального размещения виртуальных машин, потому что там уже сложно достичь чего-то лучшего. В динамическом распределении есть еще сложности, в том плане, что там есть очень неприятные проблемы, с которыми сталкиваются операторы, связанные с фрагментацией видеопамати. Поэтому, наверное, в первую очередь это модели и методы первоначального размещения виртуальных машин по физическим серверам.

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

Спасибо. Нет больше вопросов.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Леонид Юрьевич, пожалуйста.

**Д.т.н. Л.Ю. Филимонюк (член совета):**

Андрей Владимирович, спасибо за интересный доклад. Я представляю специальность 2.3.8, член совета Филимонюк Леонид Юрьевич. Откройте, пожалуйста, девятый слайд. Вот Вы говорили о рациональном распределении между серверами определенных ресурсов, да? А далее на слайдах вплоть до тринадцатого Вы говорите о некой оптимальности, там ставится постановка задачи. Вот скажите, пожалуйста, каким образом Вы оценивали оптимальность, и речь здесь идет вообще об оптимальности, или, как Вы говорили, вот про девятый слайд, рациональности? То есть вот на следующем слайде, на 13-м вы приводите численные характеристики, но может быть их лучше прокомментируете. Каким образом соотносится Ваше утверждение из этих характеристик к тому, что ресурсы были распределены в распределенной системе рационально или оптимально? Можете этот момент уточнить, пожалуйста.

**А.В. Тутов (соискатель):**

Во-первых, задействуются три критерия, это отличие этой работы от однокритериальных предыдущих исследований. По вопросу оптимальности здесь используется свёртка, веса которой оператор облака может варьировать самостоятельно в зависимости от задачи, которую он решает и хочет выполнить в первую очередь. То есть если необходимо улучшить энергопотребление, уменьшить его в ЦОДе, можно критериям сделать более высокий вес в свёртке. По данному слайду, так как критерии противоречат между собой, т.е. если мы будем экономить электроэнергию за счет отключения физических серверов, у нас вот эти два правые столбика, загрузка ресурсов и нарушение SLA-соглашений пойдут вверх. Поэтому здесь слово рациональный, оптимальным сложно назвать, потому что надо доказывать оптимальность, а рациональный - этот метод, который позволяет оператору варьировать эти показатели между собой, балансировать в зависимости от предпочтений.

**Д.т.н. Л.Ю. Филимонюк (член совета):**

Ясно, спасибо большое за разъяснение.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Так, коллеги, еще вопросы есть? Пожалуйста.

**Д.т.н. С.П. Ковалев (член совета):**

Ковалев Сергей Протасович, член диссертационного совета. Вопрос такой, вот у Вас, где оптимизационная задача различного размещения решается, у Вас там есть критерий по энергопотреблению, и этот критерий линейно зависит от загрузки сервера. Вот вопрос, а насколько правомерно именно линейную зависимость здесь использовать, то есть вообще-то энергопотребление - это сложный физический процесс и можно утверждать, что оно, по крайней мере, в хорошем приближении задается именно линейной зависимостью от загрузки, а не возрастает квадратично или экспоненциально? Зависит от нагрузки. Понятен мой вопрос?

**А.В. Тутов (соискатель):**

Понятен. Энергопотребление серверов здесь действительно линейная, зависит от загрузки самого сервера и загрузки видеокарты в отдельности. По поводу энергопотребления вообще, то незагруженный сервер потребляет по данным до 60% электроэнергии от полностью загруженного. Поэтому кстати в работе предлагается отключать серверы полностью для экономии электроэнергии. Значит, в работе методы, которые применяются в CloudSim, они тоже линейные, то есть специально не усложнялось ничего.

**Д.т.н. С.П. Ковалев (член совета):**

Экспериментально проверялось, что на самом деле зависимость потребления от загрузки линейная. Это, мне кажется, не так уж трудно проверить, выбрав несколько опорных точек.

**А.В. Тутов (соискатель):**

Задача была сравнить между собой разные алгоритмы. И здесь уже, наверное, не так важна линейная и нелинейная зависимость. Потому что подходы одинаковые были ко всем алгоритмам, которые сравнились между собой.

**Д.т.н. С.П. Ковалев (член совета):**

Спасибо.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Хорошо, удовлетворены ответом? Еще вопросы, пожалуйста. Вопросов нет.

Спасибо. Пока присаживайтесь.

Слово предоставляется научному руководителю, доктору технических наук Фархадову Маису Пашаевичу.

**Д.т.н. М.П. Фархадов (научный руководитель соискателя):**

Спасибо, добрый день, уважаемые коллеги. Конечно, хотелось бы сразу сказать, что как приятно, когда соискатель умеет так интеллигентно убеждать в полученных результатах диссертационный совет, убеждать и речью, и характером, и достаточными знаниями. Я хочу отметить несколько характеристик Андрея Владимировича Тугова. Во-первых, у него очень хорошая педагогическая подготовка, он учит много студентов, я в этом убедился, когда принимал экзамены и защиты магистров, бакалавров в Московском техническом университете информатики и связи. Это первое. То есть человек умеет учиться и учить. Второе – это чувство новизны, чувство нового и чувство перспективного. Многие годы Андрей Владимирович выступал как популяризатор науки и техники. Была характеристика, там около сотни публикаций в различных журналах, изданиях, относящихся к современным информационным технологиям, современной науке и их тенденциям развития. И этот опыт его привел в аспирантуру и дальше к написанию диссертации. С 2017 года мы с Андреем начали работать над диссертацией. Он исполнитель, он всегда выполнял задачи в срок и с соответствующими удовлетворяющими результатами.

В процессе работы над диссертацией он зарекомендовал себя хорошим специалистом, и всесторонний кругозор, и большой его практический опыт и энтузиазм позволял ему ставить и решать сложные научно-технические задачи. Хочу отметить также некоторый элемент его компетенции. Во-первых, у него хорошая математическая подготовка, он прекрасно владеет современными технологиями программирования, у него есть подход как хорошего инженера-исследователя и инженера системотехника, то есть он понимает не только архитектуру сложнейших многокомпонентных инфраструктурных Центров обработки данных, он и прекрасно умеет создать эту архитектуру, запрограммировать и управлять теми информационными процессами, которые происходят в этих сложнейших системах. Еще также он, несмотря на свои успехи, остается таким уникально скромным, интеллигентным человеком. И всегда приятно с ним обсуждать. Он очень легок в дискуссии, в обсуждении и деликатно умеет помогать своим коллегам в решении различных вопросов.

Я считаю, что Андрей Владимирович Тутов выполнил хорошую квалификационную, на высоком научно-техническом уровне, диссертацию, и он достоин присуждения ему ученой

степени кандидата технических наук, и рекомендую, и прошу поддержать. Спасибо за внимание.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Далее слово представляется ученому секретарю для оглашения заключения организации, где выполнялась диссертационная работа, отзыв ведущей организации и другие поступившие в совет отзывы.

**Д.т.н. Е.А. Барабанова (учёный секретарь совета):**

В личном деле соискателя имеется заключение организации, где выполнялась работа. Это заключение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления имени Вадима Александровича Трапезникова Российской академии наук. В заключении организации отмечена актуальность темы диссертации, отмечено, что высокая практическая потребность в разработке новых планировщиков ресурсов с учетом гетерогенности Центров обработки данных определяет эту актуальность. Отмечен объект, предмет, цель исследования, задачи, научная новизна работы. Три пункта научной новизны представлены. Первый – разработаны методы, модели описания первоначального (статического) размещения ресурсов виртуальных машин в гетерогенном ЦОД. Второй – разработан новый критерий определения рациональной длительности окна наблюдения за сервером с учетом времени размещения информации. Третий – разработана архитектура программно-аппаратного комплекса инфокоммуникационной системы Центра обработки данных. Пункты научной новизны соответствуют 1, 3, 9 пунктам паспорта специальности 2.3.8. Отмечены основные положения, выносимые на защиту. Степень достоверности полученных результатов обеспечивается за счет корректного применения математического аппарата, программного обеспечения и подтверждается результатами расчетов, имитационным моделированием и внедрением. Практическая значимость диссертации, алгоритмы, модели и методы построения автоматизированной системы, предложенные в диссертации, могут интегрироваться в программно-аппаратный комплекс распределенного планировщика информационных и вычислительных ресурсов в гетерогенных центрах обработки данных. Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе МТУСИ на кафедре «Бизнес-информатика» для направления магистратуры «Информатика и вычислительная техника» и внедрены в ПАО «МТС», ПАО «Вымпелком», ООО «АЭР – Технологические решения», АО «БВТ БАРЬЕР РУС».

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.3.8. Материалы диссертации опубликованы достаточно полно. По теме диссертации опубликованы 30 работ, из них 13 – в статьях в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ВАК, 8 статей ведущих изданий, входящих в Международные реферативные базы данных, в том числе 8 из перечней Scopus, 3 из перечней Web of Science Scopus, зарегистрированы 3 программы для ЭВМ. Основные результаты диссертационной работы докладывались, обсуждались на семинарах ИПУ РАН и 16 международных конференциях. Отмечен личный вклад автора и в заключение – диссертация Тутова Андрея Владимировича «Модели и методы распределения информационных и вычислительных ресурсов гетерогенных центров обработки данных» полностью соответствует требованиям ВАК установленным положениям о присуждении ученых степеней, порядке присуждения ученых степеней и рекомендуется к защите по специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы (технические науки)».

Заключении принято на заседании расширенного семинара лаборатории № 17, 27, 31, 46, 49, 69 ИПУ РАН. Присутствовало на заседании - 24 человека. Результаты голосования: за - 24, против

- нет, воздержалось - нет. Протокол № 9/1 от 30 сентября 2025 года. председатель расширенного семинара, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории номер 49 ИПУ РАН Ковалев Сергей Протасович. Заключение утверждено, подписано заместителем директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления имени Вадима Александровича Трапезникова Российской академии наук, доктором технических наук, профессором Светланой Анатольевной Красновой 2 марта 2026 года.

В диссертационный совет поступил отзыв ведущей организации, отзыв положительный. Ведущая организация — Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук». В отзыве на диссертацию также отмечается актуальность темы диссертации, которая определяется потребностью в разработке отечественного программного обеспечения, в частности планировщиков ресурсов гетерогенных ЦОД. Отмечена структура основного содержания диссертации, очень подробно по главам, степень обоснованности научных положений и выводов, их новизна, значимость для науки и практики, полученных автором диссертации результатов, рекомендации по использованию результатов диссертации. Отмечено, что судя по приведенному в диссертации перечню актов, результаты диссертации внедрены и апробированы в сетях крупных операторов связи и международных компаниях, располагающих собственными центрами обработки данных. Имеются четыре замечания.

*(зачитывает замечания и заключение)*

Отзыв ведущей организации обсуждался и принят на заседание отдела 51 «Информационные, управляющие и телекоммуникационные системы» Отделения 5 «Информационные, управляющие и телекоммуникационные системы. Информационная безопасность. Информационные технологии в цифровой экономике» ФИЦ ИУ РАН 8 мая 2026 г., протокол №51/1. Присутствовало: 5 человек. Результаты голосования: за – 5, против – нет, воздержались – нет. Подписал отзыв Козлов Сергей Витальевич, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела 51 отделения 5 ФИЦ ИУ РАН, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Отзыв утвержден директором Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», член-корреспондентом Российской академии наук Михаил Анатольевичем Посыпкиным 12 мая 2026 года.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Уважаемые члены Совета, прежде чем мы перейдем к отзывам на автореферат, предлагается следующая процедура согласно положению о совете по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. Учитывая значительное количество положительных отзывов на автореферат, разрешите ученому секретарю, вместо оглашения отзывов полностью, сделать их обзор с указанием отмеченных в них замечаний. Обращаю также внимание, что у каждого из вас имеется заключение с замечаниями по диссертации соискателя и по автореферату. Соискателю, в процессе ответа на вопросы, необходимо озвучивать только те вопросы, с которыми он не согласен, а с которыми согласен - очень быстро соглашаться. Попрошу проголосовать за это предложение. Кто за данное предложение? Прошу голосовать. Против? Воздержались? Нет. Спасибо. Слово представляется ученому секретарю для оглашения шести отзывов на автореферат.

**Д.т.н. Е.А. Барабанова (учёный секретарь совета):**

В диссертационный совет поступило 6 отзывов, все отзывы положительные. Первый отзыв на автореферат поступил от доктора физико-математических наук, доцента МГТУ имени Баумана, заведующего кафедрой информационной безопасности Михаила Алексеевича Басараб. Отзыв положительный, имеются три замечания. Следующий второй отзыв поступил от доктора физико-математических наук, доцента Московского авиационного института, заведующего кафедрой «Прикладные программные средства и математические методы» Владимира Анатольевича Вестяк, отзыв положительный, имеются три замечания. Третий отзыв поступил от доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой теории вероятности и математической статистики Федерального государственного автономного образовательного учреждения Национальной исследовательской Томской государственной университет Моисеевой Светланы Петровны, отзыв положительный, имеются три замечания. Четвертый отзыв поступил от кандидата физико-математических наук, доцента кафедры индустриального программирования РТУ МИРЭА Алексея Викторовича Осипова, отзыв положительный, одно замечание. Пятый отзыв поступил от доктора технических наук профессора, профессора Российской академии наук, директора СПб ФИЦ РАН Ронжина Андрея Леонидовича, отзыв положительный, пять замечаний в отзыве имеются. И последний шестой отзыв на автореферат поступил от кандидата технических наук, доцента кафедры информационной безопасности, факультета «Информационные технологии и анализ больших данных» Финансового университета при правительстве Российской Федерации Алексея Алексеевича Рыженко, отзыв положительный, в отзыве три замечания. Сейчас соискателю предлагается ответить на замечания в отзывах ведущей организации и автореферате.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Да, при этом учитывая то, за что мы проголосовали. Отвечать только на замечания, с которыми Вы не согласны. С которыми согласны, пропускаете, да. Спасибо.

**А.В. Тутов (соискатель):**

Я согласен со всеми замечаниями. Единственное, небольшие комментарии. Много очень было замечаний касательно перспектив дальнейших исследований, т.е. это относится к дальнейшим работам. В диссертации сознательно не рассматривались некоторые вопросы, например, влияния параллельных миграций или корреляция с бизнес-метриками в SLA-соглашениях. Это довольно сложные темы, требующие отдельных исследований.

В одном из отзывов прозвучало пожелание услышать объяснение неочевидного соотношения количества прямых и обратных миграций из данной таблицы. Действительно, число обратных миграций у метода МГУА и локальной регрессии получилось одинаковым. Это стандартная выборка за один стандартный день. Реальная нагрузка использовалась при моделировании. Мы видим, что число обратных миграций действительно одинаковое, но при этом общее количество миграций отличается. У локальной регрессии она ниже. Во-первых, нужно уточнить, что такое обратная миграция. Когда мы перемещаем виртуальную машину с сервера А на сервер В, и она сразу же возвращается обратно, т.е. такая ситуация пинг-понга, это мы считаем обратной миграцией. Причиной такого поведения может быть значительный всплеск кратковременной нагрузки или ошибка прогноза. Что хотелось бы отметить. Нужно смотреть на долю отношения обратных миграций к общему числу миграций. У локальной регрессии она выше. Это означает только то, что МГУА меньше и реже ошибается.

Также показатель OTF свидетельствует о том, что метод группового учета аргументов пытается не минимизировать число миграций, а минимизировать показатели энергопотребления и

нарушение SLA-соглашений, т.е. он допускает большее число включенных серверов, но с дополнительными миграциями.

С замечаниями по остальным отзывам я совершенно согласен, они справедливы.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Спасибо. Перейдем уже к оппонентам. Слово предоставляется первому оппоненту, Зыкову Сергею Викторовичу, профессору департамента бизнес-информатики Национального исследовательского университета Высшая школа экономики, доктору технических наук, доценту.

**Д.т.н. С.В. Зыков (официальный оппонент):**

Спасибо. Добрый день, уважаемый председатель, члены диссертационного совета, уважаемые коллеги, уважаемые гости. Благодарю вас за возможность выступить оппонентом по этой достаточно интересной работе. Но, так сказать, по сложившейся традиции, позвольте мне полностью отзыв не зачитывать, а ограничиться замечаниями и в свободной форме описать мое впечатление по данной работе. Спасибо. С работой Андрея Владимировича я познакомился достаточно внимательно. И что хочется отметить? Работа, как обсуждалось, исходя из ее цели, посвящена повышению эффективности использования ресурсов ЦОД, центров обработки данных. В нашу эпоху больших данных – это крайне важная задача. Большие данные – это новая нефть. У меня 12 лет в нефтегазовой компании, и после этого достаточно большой опыт, или параллельно с этим, именно работы с большими данными. Второе, что хочется отметить, речь идет о гетерогенных, именно о гетерогенных ЦОД. Моя докторская, касающаяся тоже гетерогенных корпоративных систем, гетерогенных данных была защищена почти 10 лет назад, но речь идет именно о гетерогенных корпоративных информационных системах и больших объемах данных, петабайт и более. Но здесь возникает вопрос, если с большими объемами данных более-менее все понятно, то что такое гетерогенность?

Очень много было обсуждений на эту тему. И, кстати, здесь в ИПУ, в том числе на семинаре логического моделирования, который тогда ввела Нина Александровна Абрамова, мне задавали вопрос, что такое гетерогенность. Причем в таком шутиливом ключе, вот есть такие «гетеры», что ты имеешь в виду под этим термином. И это вопрос не праздный. Мой ответ соискателю был бы, что нужно бы еще учитывать и разнородные архитектуры, и разную степень структурированности данных. Разные поколения, может быть, тех процессоров, которые в этих ЦОД применяются. Как и в отношении моделей, и такие замечания тоже делались в работе, в ходе обсуждения в работе Андрея Владимировича речь шла только о разных видах GPU, в основном так. Но, во-первых, это все-таки кандидатская работа. Нельзя объять необъятное. И, наверное, не стоит этого делать. А сосредоточиться, как он и сделал, на прикладных аспектах, что достаточно важно. Я вспоминаю еще одну историю в 2014 году, когда я был на исследовательской стажировке в университете Карнеги—Меллона в Штатах. Там, значит, профессор, который раньше отвечал за архитектуру программного обеспечения на аэродромах, он разрабатывал ПО для бомбардировщиков и истребителей американских, мне объяснил, что слишком сложные модели на практике неприменимы, ввиду именно крайне расточительного расхода ресурсов. То, о чем Андрей Владимирович в своей работе говорил, и что, собственно, является ее целью. Мне конкретно было объяснено, что вот есть на столе беспилотник, это тогда еще было. И если мы будем слишком сложные модели использовать, он просто упадет, истощив батарею, не успев сориентироваться, не успев передать картинку и так далее. Вот, поэтому слишком сложные модели, они, конечно, красивы, но здесь, именно с учетом специфики работы повышения энергоэффективности, наверное, с трудом применимы, здесь нужен компромисс.

Мне не очень нравится слово «противоречие», когда говорят о противоречии критериев, лучше говорить о компромиссе, компромиссной оптимизации. И, кроме того, важно отметить, что эта работа нацелена на обеспечение эффективности в режиме, может быть, не реального времени, но близкого к реальному. И это тоже требует определенного упрощения, определенного компромисса с точки зрения модели.

Ну и, наконец, хочется отметить, что имеются внедрения в крупнейших телеком корпорациях, это Вымпелком и МТС. У меня тоже работа связана с корпоративными системами, поэтому я понимаю, что такая сложная оптимизация. Именно для больших объемов данных, именно для крупных корпораций это отмечено в актах внедрения. Были вопросы о том, как количественно оценить эту эффективность. Но мне кажется те акты внедрения, которые приложены, в крупнейших корпорациях, сами отвечают на вопрос - такие корпорации не будут поддерживать исследования, которые ни к чему не ведут. Это дает убедительный ответ на вопрос, кому и зачем эта работа нужна.

Ну и отмечу тщательную апробацию работы. В автореферате упоминается о 13 публикациях в изданиях из перечня ВАК. В свое время, когда я докторскую готовил, был порог порядка 15 публикаций, такой вот минимальный. То есть это уже работа, на мой взгляд, которая долгое время делалась и где-то приближается к докторской именно по таким формальным показателям. Сейчас, может быть, требования выше, но тем не менее. Ну и я процитирую Нину Александровну Абрамову «Работа хорошо упакована». С моей точки зрения это так же. Ну а теперь к замечаниям. Позвольте, я их зачитаю.

*(зачитывает замечания)*

Но, несмотря на сделанные замечания, на мой взгляд, работа Андрея Владимировича отвечает требованиям ВАКа, и автор, по моему мнению, вполне заслуживает присуждения ученой степени, именно в специальности 2.3.8 - Информатика и информационные процессы. Призываю членов диссертационного совета поддержать эту работу. Спасибо.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Спасибо, Сергей Викторович. Вопросы к оппоненту? Нет вопросов. Спасибо еще раз. Андрей Владимирович, просьба ответить на замечания оппонента.

**А.В. Тутов (соискатель):**

Буквально вкратце - у меня было два замечания одинаковых от оппонента и от ведущей организации касательно сравнения с другими более современными методами распределения ресурсов, в частности, с сетями глубокого обучения. Что хотелось бы сказать, дополнить точнее, наверное. Это было сделано сознательно, потому что в отличие от традиционных нейросетей, склонных к переобучению и требующих значительных вычислительных ресурсов, метод группового учета аргументов позволяет строить оптимальную структуру модели и давать точный или сопоставимый прогноз в условиях гораздо меньшего потребления вычислительных ресурсов, что крайне критично для автономных систем управления ресурсами ЦОД, работающих в реальном времени. Так что это сделано сознательно, и, в общем, действительно, это опять относится к перспективам дальнейших исследований. С остальными замечаниями полностью согласен.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Спасибо. Слово предоставляется второму оппоненту Кочетковой Ирине Андреевне, доктору физико-математических наук, доценту кафедры теории вероятности и кибербезопасности Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы.

**Д.ф-м.н. И.А. Кочеткова (официальный оппонент):**

Спасибо. Уважаемый председатель диссертационного совета, уважаемые члены диссертационного совета, гости. Во-первых, я хотела бы высказать свою благодарность за возможность участия в Совете и выступить оппонентом по данной диссертации Андрея Владимировича. И, как у первого оппонента, в отзыве у меня подробно изложена и актуальность работы, и содержание диссертации, научная новизна, практическая значимость. Конечно, есть несколько замечаний, хотя у меня, несомненно, очень положительное впечатление данная диссертация оставила. Если возможно замечания я также прочитаю согласно регламенту и кратко охарактеризую своими словами. Я хотела бы в своем выступлении отметить три момента.

Первый касательно актуальности. И посмотреть на данную диссертацию, на тематику, на системную модель, которая здесь исследуется, не только с точки зрения Центров обработки данных, в разрезе миграций, но и в применении к беспроводным сетям пятого и шестого поколения. Одна из технологий, которая важное значение имеет для сетей пятого и шестого поколения, это технология MEC, Multi-Access Edge Computing, и там тоже у нас облачные сервера, граничные узлы, граничные сервера, которые находятся ближе к пользователям. Также происходит не только, как мы говорили по данной диссертации, миграция виртуальных машин, но и миграция сервисов. И вот эта тематика, т.е. с одной стороны проблематика миграции виртуальных машин в центрах обработки данных, вроде бы кажется, что достаточно уже давно изучалась, много работ, но тем не менее по-прежнему возникают актуальные вопросы и в применении их к беспроводным сетям, к новым технологиям, без которых сети пятого и шестого поколения невозможны в своей реализации. С моей точки зрения актуальность диссертации, особенно в разрезе миграций виртуальных машин, не вызывает никаких сомнений.

Второй момент, на который хотелось бы обратить внимание уважаемых членов диссертационного совета, относительно многогранности работы в части различных системных моделей, которые диссертант изучил в своей диссертационной работе. Это и статическое размещение виртуальных машин, и динамическая миграция. Как Андрей Владимирович в своем докладе отметил, мы в коллективе Самуйлова Константина Евгеньевича в РУДН занимаемся этой проблематикой. И как раз не учитываем одну из особенностей, которую Андрей Владимирович учел в своей диссертации относительно миграции - показатели эффективности системы в части времени, которое необходимо на эту миграцию. Это важный аспект. Конечно, очень интересна и многокритериальная оптимизация, которая фактически предоставляет оператору такой гибкий инструмент балансировки - в зависимости от текущих потребностей, от текущих целей, гибко парировать процедуру алгоритма миграции для того, чтобы когда-то, в приоритет выставить вопросы энергоэффективности, когда-то более плотное занятие виртуальных машин на серверах, чтобы не экономить вычислительные мощности. Тут инструмент гибкого планирования, гибкого анализа. Как вот Андрей Владимирович отвечал, что если потребуются в приоритет выдвинуть именно вопросы энергоэффективности, то за счет разработанных алгоритмов миграции коэффициент, который мы говорили, он сразу повышается. Это по второму моменту.

И про третий. Третье, что я хотела бы отметить, это именно с точки зрения аккуратности формулировок математических. Все аккуратно, корректно, строго записаны все решаемые

задачи оптимизации. С точки зрения имитационного моделирования, которое было произведено как на реальных данных, так и были синтетические данные, использовались всесторонние анализы различными средствами, различными алгоритмами, на различных данных анализ производился. Это очень сильная сторона работы. Конечно, стоит безусловно отметить, как и первый оппонент отмечал, что диссертация очень полная, многогранная. Очень широко результаты представлены в публикациях и апробация на хорошем очень уровне. Также, безусловно, практическую значимость, востребованность показывают акты о внедрении, которых тут не один, не два, а целых четыре. Это, на мой взгляд, очень высокий уровень. Если позволите, перейду к замечаниям. Работа, как я сказала, очень хорошее впечатление оставила, тем не менее, всё равно, конечно, есть к чему всегда стремиться, что не хватает.

*(зачитывает замечания)*

Однако указанные замечания не влияют на общую продолжительную оценку диссертационной работы. Диссертация Тутова Андрея Владимировича характеризует его как самостоятельного ученого, способного ставить и решать научные задачи. Разработанные методы, модели, алгоритмы позволят повысить эффективность распределения ресурсов гетерогенных ЦОД, интегрировав полученные в диссертации результаты в облачную платформу. Считаю, что диссертация Тутова Андрея Владимировича «Модели и методы распределения информационных и вычислительных ресурсов гетерогенных центров обработки данных» является законченным научным исследованием, полностью удовлетворяющим всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.8.— Информатика и информационные процессы, а ее автор, Тутов Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Уважаемые коллеги, спасибо, со своей стороны я горячо поддерживаю данную работу и призываю членов диссертационного совета ее также поддержать. Спасибо большое!

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Спасибо, Ирина Андреевна. Вопросы к оппоненту есть? Нет вопросов. Еще раз спасибо. Андрей Владимирович, ответьте на замечания оппонента.

**А.В. Тутов (соискатель):**

Спасибо большое Ирине Андреевне за ее замечания. Они все довольно серьезные, требующие отдельного исследования, но совершенно справедливые. Поэтому я соглашаюсь со всеми замечаниями.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Спасибо. Так, ну давайте перейдем к дискуссии, так сказать, кто хотел бы выступить по поводу работы, которую мы сегодня заслушали.

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

Коллеги, хочу сказать, что, несомненно, тематика работы чрезвычайно актуальна, потому что соотношение накладных расходов и расходов, которые ведутся на сами вычислительные процессы, существенно, и это однозначно определяется паспортом специальности и определяется тем, что она соответствует именно организации информационных процессов. Ну и хотелось бы ответить на собственный вопрос, который я задавал соискателю, на мой взгляд соискатель достаточно глубоко проработал и ему необходимо давать степень кандидата

технических наук за решение актуальной научно-технической задачи по организации информационных процессов в распределенных ресурсах гетерогенных центров обработки данных. Это более конкретно определяет научную составляющую глубины и если мы с вами откроем диссертацию, то мы это увидим. И наши уважаемые оппоненты именно делали упор на те составляющие, на организационные, которые преобразуются с использованием формализованного аппарата информационных процессов. И, кстати, в автореферате есть значения по повышению как раз качества эффективности. Зря вы так и не ответили, но эти значения есть, поэтому я считаю, что диссертация и соответствует специальности, и выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне. Она является законченной работой, перечень публикаций в достаточной мере покрывает все пункты научной новизны и область работы соискателя, поэтому я буду голосовать «За» и призываю всех членов диссертационного совета также выразить свое положительное решение.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Спасибо, Роман Валерьевич. Еще кто хотел бы сказать? Пожалуйста

**Д.т.н. Л.Ю. Филимонюк (член совета):**

Уважаемый председатель, уважаемые члены совета, уважаемые коллеги, я бы тоже хотел сказать несколько положительных слов в адрес соискателя и представленной сегодня работы. Считаю, что исследование Андрея Владимировича однозначно можно назвать актуальным. Тот этап научно-технической революции, который мы сейчас проживаем, полностью соответствует тем тенденциям, вернее, работа соответствует этим тенденциям, которые предполагают развитие информационных процессов, информационных технологий, распределенных систем, которые достаточно широко применяются в самых различных сложных системах, в том числе человеко-машинных. Хочу отметить, что соискатель грамотно и содержательно поставил задачу. Спасибо за пояснение, которое вы дали в рамках ответа на мой вопрос. Кроме того, проделана гигантская работа по применению и совершенствованию тех методов, которые были направлены на достижения, заявленные в диссертации цели. Меня лично впечатлило, в автореферате этого нет, а работу я читал, вот тот объем вычислений, который вкратце был представлен на слайде, считаю, что это нужно особо отметить.

И в целом считаю, что работа Андрея Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Не просто кандидатским, а именно на соискание степени кандидата технических наук, потому что внедрения, которые сегодня мы имели возможность увидеть, редко, когда встретишь в таких серьезных организациях, полностью соответствующие специальности 2.3.8. Это Билайн, МТС и другие уважаемые организации. Хотел бы также отметить организационные способности соискателя, я знаю его еще со времен аспирантуры, которую имел честь представлять во время подготовки к защите, кандидатских экзаменов и с формальной точки зрения и не только с формальной. И в целом хочу сказать, что очень много моментов, которые заслуживают положительной оценки работы. Я буду поддерживать эту работу и прошу последовать данному примеру. В общем, Андрей Владимирович, работа очень интересная, заслуживает присуждения ученой степени по заявленной специальности. Спасибо за внимание, коллеги. У меня все.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Спасибо, Леонид Юрьевич. Сергей Протасович, пожалуйста.

**Д.т.н. С.П. Ковалев (член совета):**

Я тоже кратко скажу, в первую очередь акцентируя внимание на актуальности, даже я бы сказал злободневности задачи управления ЦОДами в связи с тем, например, что у нас очень активно в мире разрабатываются ЦОДы для задач искусственного интеллекта, и мировые лидеры всерьез уже проектируют ЦОДы для размещения в космосе на спутниках. И, самое главное, критическая нерешенная инженерная проблема для них - это тепловыделение, отвод тепла, потому что в космосе нет конвекции. Тепло можно отводить только излучением, а это значит, что вопросы энергоэффективности, адекватной оценки и оптимизации функционирования ЦОДа с точки зрения энергоэффективности для космических ЦОДов выступает вообще на первый план, по отношению к любым другим критериям. В связи с этим тот задел, который в диссертации Андрея Владимировича имеется, собственно, оптимизация по этим критериям, он может быть очень важен и, может быть, Андрей Владимирович сможет в процессе развития дальнейших исследований внести свой вклад именно в проектирование космических ЦОДов.

Конечно, для этого надо будет, вот с этим связан вопрос, который я задавал, надо будет в первую очередь более точно исследовать зависимость энерговыделения от загрузки серверов, но это вполне, может быть, одним из направлений дальнейших исследований. Что же касается результатов, уже полученных Андреем Владимировичем и представленным в кандидатской диссертации, на мой взгляд, они вполне достаточны для присуждения ученой степени кандидата технических наук. Соответственно, я буду голосовать «за» и призываю всех также поддержать эту работу.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Спасибо, Сергей Протасович. Еще кто-то желает выступить в рамках дискуссии? Достаточно, да? Дадим соискателю заключительное слово.

**А.В. Тутов (соискатель):**

Спасибо большое. Во-первых, я хотел бы поблагодарить своего научного руководителя. Это большой ученый и уникальный человек, необыкновенной скромности. Хотел бы поблагодарить членов экспертной комиссии и оппонентов за уделенное время работе, председателю, всем членам диссертационного совета и всему институту за возможность проведения защиты. Спасибо большое!

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Перейдем к избранию счетной комиссии. Нам нужно избрать трех человек. Предлагается: Захарова Алена Александровна, Ковалев Сергей Протасович, Выговтов Константин Анатольевич. Давайте проголосуем за эти кандидатуры. Никто не против? Кто за? Кто против? Воздержавшихся нет. Просьба избранных членов, приступить к работе.

**Д.т.н. Е.А. Барабанова (учёный секретарь совета):**

Всех, кроме членов диссертационного совета, просим выйти.

*(процедура тайного голосования)*

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Просьба председателю счетной комиссии объявить результаты голосования.

**Д.т.н. С.П. Ковалев (член совета, председатель счётной комиссии):**

Уважаемые коллеги, комиссия в составе Ковалев, Захарова, Выговтов, состав совета всего - 16 человек, дополнительно введено – 0 человек, на заседании присутствовало 12 человек, в т.ч. по

профилю специальности – 6 докторов наук. Роздано бюллетеней – 12, нерозданных - 4, оказалось в урне - 12, за - 12, против - 0, недействительных - 0.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Дорогие коллеги, нам нужно проголосовать за это решение счетной комиссии. Кто за то, чтобы утвердить результаты? Против? Воздержалось? Нет. Давайте поздравим соискателя с тем, что ему присуждается ученая степень кандидата технических наук. Переходим к обсуждению проекта заключения на диссертацию. Есть ли какие-либо замечания, какие-либо мнения по этому вопросу? Да, пожалуйста.

**Д.т.н. Р.В. Мещеряков (член совета):**

Предлагается изменить формулировку на последней странице, за что присуждается ученая степень. Не за модели и методы нужно присуждать, а за решение научно-технической задачи по организации информационных процессов в распределённых ресурсах гетерогенных центров обработки данных.

**Д.т.н. В.М. Вишневский (председатель совета):**

Давайте запишем в предложения подредактировать заключительную часть, это в рабочем порядке. Еще раз давайте проголосуем за этот проект заключения, с поправкой, которая была сделана Романом Валерьевичем. Кто за? Против? Воздержался? Спасибо большое, заседание диссертационного совета закончено.

**Зам. директора по  
научной работе**



(подпись)

**Краснова С.А.**

(инициалы, фамилия)

**Председатель  
диссертационного совета**

24.1.107.03

(шифр диссовета)

(подпись)

**Вишневский В.М.**

(инициалы, фамилия)

**Ученый секретарь  
диссертационного совета**

24.1.107.03

(шифр диссовета)

(подпись)

**Барабанова Е.А.**

(инициалы, фамилия)