

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию  
Чистовой Натальи Александровны  
«Исследование влияния на сокращение цифрового разрыва и  
разработка методов формирования цифровых кластеров сетей связи  
с ультра малыми задержками»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

### **Актуальность темы диссертации.**

Сети связи с ультра малыми задержками являются, пожалуй, основным направлением преобразования сетей связи общего пользования на горизонте планирования до 2030 года. При этом данная технология приводит не только к коренному преобразованию сетей связи вследствие фундаментальных ограничений по скорости передачи света, но и к возможности преобразования экономики государства в целом за счет децентрализации сети, требующей размещения центров обработки данных в каждом областном и районном центрах. Поэтому, диссертационная работа, направленная на исследование возможностей сокращения цифрового разрыва и разработку методов формирования цифровых кластеров при внедрении сетей связи с ультра малыми задержками, несомненно актуальна.

### **Новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы.**

Диссертационная работа содержит 123 страницы и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, приложения и списка литературы (158 наименований).

Научная новизна диссертационной работы Чистовой Натальи Александровны состоит, прежде всего, в выявлении неизвестной ранее зависимости Валового Регионального Продукта на душу населения от числа занятых в области информатизации и связи (на 100 тысяч занятых во всех

областях деятельности) и разработке методов формирования цифровых кластеров сетей связи с ультра малыми задержками.

Цель диссертационной работы состоит в исследовании влияния внедрения сетей связи с ультра малыми задержками на сокращение цифрового разрыва между регионами Российской Федерации и разработка методов формирования цифровых кластеров при внедрении этих сетей, что вполне соответствует паспорту специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Достигнуть поставленной цели позволяет, в первую очередь, детальный анализ и понимание сути происходящих изменений в развитии сетей связи, взаимоувязанный с основной тенденцией развития общества в целом – цифровой экономикой.

Именно этот анализ позволяет автору выявить неизвестную ранее существенную зависимость между Валовым Региональным Продуктом на душу населения и числом занятых в области информатизации и связи (в тысячах человек) на 100 тысяч занятых во всех областях деятельности. Проведенный автором во второй главе анализ средних расстояний между районными и областными центрами, сельскими населенными пунктами и районными центрами для всех Федеральных Округов Российской Федерации позволил не только классифицировать Федеральные Округа по длине этих расстояний, но и с учетом ограничений по предоставлению услуг сетей связи с ультра малыми задержками вследствие фундаментальных ограничений по скорости распространения света оценить число центров обработки данных при внедрении на сетях связи Российской Федерации технологий сетей связи с ультра малыми задержками. При этом потребуется внедрить тысячи ЦОДов, что приведет к децентрализации сети и даст возможность реально сократить цифровой разрыв в несколько раз. Важность этого нового научного результата для развития сетей связи и цифровой экономики в целом трудно переоценить.

В дальнейшем автор вводит понятие цифровых кластеров сетей связи с ультра малыми задержками, которые образуются вследствие естественного

процесса кластеризации сети при ее децентрализации, начинает разработку методов их формирования, изучая влияние на этот процесс трафика (через плотность пользователей!) и характеристик территории, на которой планируется разместить цифровой кластер, на основе дорожного покрытия, ибо волоконно-оптические сети, как правило, прокладываются вдоль дорог. Используя фрактальную геометрию, автору удается увязать на первый взгляд совершенно разные характеристики, а именно: фрактальную размерность дорожного покрытия и радиус цифрового кластера, в пределах которого возможно предоставление услуг сетей связи с ультра малыми задержками с заданными требованиями по качеству обслуживания.

В части влияния трафика на радиус цифрового кластера автор исследует эту проблему классически на основе теории массового обслуживания для достаточно общего случая систем GI/G/1, используя приближенное решение Крамера и Лангенбах-Бельца.

Все результаты, полученные автором, новы и имеют существенную теоретическую значимость, которая состоит, прежде всего, в выявлении взаимосвязи между Валовым Региональным Продуктом и числом занятых в области информатизации и связи (на 100 тысяч занятых во всех областях деятельности), при этом требуется опережающее развитие сетей связи с ультра малыми задержками, что приведет к созданию тысяч цифровых кластеров с центрами обработки данных в областных и районных центрах и может обеспечить сокращение цифрового разрыва между регионами в несколько раз. Разработка методов формирования цифровых кластеров, в том числе с использованием фрактальной геометрии, дает возможность учитывать с одной стороны плотность пользователей сети, а с другой стороны особенности окружающего пространства сети.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в том, что полученные в диссертационной работе результаты использованы в ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ» при разработке «Методики определения размера цифрового кластера при проектировании сетей связи с ультра малыми задержками» и в

Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ) при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам «Интернет Вещей и самоорганизующиеся сети» и «Современные проблемы науки в области инфокоммуникаций», а также при выполнении НИР по теме «Разработка моделей и методов организации сетей связи 2030 для цифровой экономики».

Итак, все научные положения, основные результаты и выводы диссертации Чистовой Натальей Александровной обладают научной новизной.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе.**

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и результатов диссертационной работы подтверждается корректным использованием математического аппарата, широким обсуждением на международных конференциях и семинарах, публикацией основных результатов диссертации в журналах “Электросвязь” и Lecture Notes in Computer Science.

Основные результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на международных и российских конференциях и семинарах: BRICS Forum on Networks Innovation, October 29-30, 2020, Shenzhen, China. МИТ, China Academy of Information and Communications Technology (CAICT), Российско-Вьетнамском ИКТ Форуме, Москва – Ханой, Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 30 марта 2021г., конференции NEW2AN 2020 Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems, август 2020г., С.-Петербург, IX и X Международных научно-технических и научно-методических конференциях «Актуальные проблемы инфокоммуникаций в

науке и образовании» АПИНО 2020 и 2021, СПбГУТ, семинарах кафедры сетей связи и передачи данных СПбГУТ.

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

По диссертации имеются следующие замечания:

1. На стр. 17 приводится информация о граничных вычислениях. Хотелось бы увидеть в диссертации анализ перспектив использования этой технологии в цифровых кластерах.

2. На стр. 38 приведен прогноз изменения доли пользователей услуг сетей связи с ультра малыми задержками и услуг дополненной реальности. Следовало бы пояснить, почему услуги дополненной реальности рассматриваются как услуги сетей связи с ультра малыми задержками.

3. Стр. 53. Деятельность в области информатизации и связи целесообразно рассматривать как одну из ключевых для сокращения цифрового разрыва между территориями Российской Федерации.

4. В таблицах 2.1 и 2.2 в крайней левой колонке не проставлены номера, что затрудняет восприятие информации, представленной в таблицах.

### **Выводы.**

Отмеченные недостатки не снижают научной ценности диссертации. Диссертационная работа Чистовой Натальи Александровны «Исследование влияния на сокращение цифрового разрыва и разработка методов формирования цифровых кластеров сетей связи с ультра малыми задержками» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.12.13 — Системы, сети и устройства телекоммуникаций: 3,11,12,14.

В диссертации решена научная задача, имеющая значение для отрасли цифрового развития и связи, а именно: определены численные характеристики влияния сетей связи с ультра малыми задержками на цифровой разрыв между регионами Российской Федерации и разработаны

