

## План работ научного исследования

**Наименование организации:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича".

**Ведущий ученый:** Ахмед Абдельрахим Абд Эль-Латиф.

**Результат федерального проекта:** Созданы лаборатории мирового уровня под руководством ведущих ученых с мировым именем, в том числе соотечественников, проживающих за рубежом.

**1. Приоритетное направление научно-технологического развития Российской Федерации (указывается приоритетное направление научно-технологического развития Российской Федерации, определенное Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. №642):** 20а – Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

**2. Область наук:** Компьютерные, информационные науки и технологии.

**3. Направление научных исследований (тема проекта):** Исследование сетевых технологий с ультра малой задержкой и сверхвысокой плотностью на основе широкого применения искусственного интеллекта для сетей 6G.

**4. Цель проекта:** Цель научного исследования состоит в создании научных основ для опережающего внедрения сетей связи шестого поколения 6G с рациональным использованием технологий искусственного интеллекта в основных сетевых технологиях, на которых можно эффективно реализовать 6G.

### **5. Задачи проекта:**

1. Разработка принципов построения сетей связи шестого поколения с учетом особенностей территориально-административного деления Российской Федерации, различной плотности населения, размещения трудовых ресурсов по территории страны в соответствии с видами хозяйственной деятельности, дорожной сети, ландшафта и расстояний между населенными пунктами.

2. Разработка методов построения фрактальных сетей связи в условиях трехмерного пространства и сверх высокой плотности до 100 устройств на 1 кубический метр и методик планирования таких сетей в условиях неоднородного пространства окружения.

3. Разработка оптимальных методов маршрутизации в условиях ограничений, обусловленных сверх плотностью сети в трехмерном пространстве, влияния нагрузки соседних узлов на качество обслуживания в конкретно выбранном маршруте и обеспечения устойчивости сети связи при воздействиях на сеть, приводящих к выходу из строя узлов и/или фрагментов сети.

4. Разработка методов размещения маршрутизаторов сети в условиях трехмерного сверх плотного пространства и насыщенного биомассами пространства, мешающего прохождению терагерцовых сигналов, в том числе в условиях толпы людей на стадионе, улице и т.п.
5. Разработка модельной сети для исследований и обучения технологиям и услугам, предоставляемым сетями 6G. Создание лаборатории по сетям и услугам 6G на базе модельной сети, задела СПБГУТ в формировании модельной сети для исследований и обучения в области услуг телеприсутствия.
6. Разработка методов передачи голографических копий человека в условиях сетевых технологий с ультра малыми задержками в трехмерных сетях связи 6G и определение требований к качеству обслуживания и качеству восприятия для таких услуг.
7. Разработка методов предоставления услуг дополненной реальности в условиях сетевых технологий с ультра малыми задержками в трехмерных сетях связи 6G и определение требований к качеству обслуживания и качеству восприятия для таких услуг.
8. Разработка методов предоставления услуг с помощью роботов-аватаров в условиях сетевых технологий с ультра малыми задержками в трехмерных сетях связи 6G и определение требований к качеству обслуживания и качеству восприятия для таких услуг.
9. Разработка методов предоставления услуг с помощью роботов-гуманоидов в условиях сетевых технологий с ультра малыми задержками в трехмерных сетях связи 6G и определение требований к качеству обслуживания и качеству восприятия для таких услуг.
10. Разработка методов размещения маршрутизаторов сети на привязных беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) и обеспечения маршрутизации с помощью роя БПЛА в условиях трехмерного сверх плотного пространства и насыщенного биомассами пространства, мешающего прохождению терагерцовых сигналов, в том числе в условиях толпы людей на стадионе, улице и т.п.
11. Разработка алгоритмов прогнозирования трафика и других характеристик сети на базе машинного и глубокого обучения в трехмерных сетях 6G для обеспечения рационального распределения ресурсов сети в целом и/или ее фрагментов в условиях сверх больших данных, ультра малых задержек, требований по сверх высокой надежности и по обеспечению устойчивости сетей связи 6G.
12. Разработка алгоритмов миграции услуг на базе машинного и глубокого обучения для балансировки трафика, недискриминационного доступа к услугам сетей связи 6G для всех пользователей независимо от того человек это или робот, обеспечения показателей качества обслуживания и качества восприятия и устойчивости сети связи 6G.
13. Исследование технологии сетевого кодирования для сетей 6G, в том числе влияния способов сетевого кодирования на величину задержки в сетях 6G. Формирование подхода и исследование особенностей применения технологий искусственного интеллекта при сетевом кодировании. Исследование методов помехоустойчивого кодирования для сетей 6G, в том числе влияния методов помехоустойчивого кодирования на величину задержки в сетях 6G. Разработка адаптивных методов помехоустойчивого кодирования на основе систем искусственного интеллекта для сетей 6G.
14. Исследование и разработка требований к точности и скорости работы методов сетевого позиционирования для подвижных и неподвижных устройств в трехмерных сверхплотных сетях 6G. Исследование и разработка моделей и методов оценки точности и скорости определения времени и угла прихода сигнала для подвижных и неподвижных устройств в трехмерных сверхплотных сетях 6G. Исследование и разработка моделей и методов вторичной обработки первичных измерений времени и угла прихода сигнала в оборудовании стационарных устройств в трехмерных сверхплотных сетях 6G.
15. Разработка новых сетевых протоколов для сетей связи 6G с учетом их особенностей, изложенных в предыдущих пунктах

## **6. Планируемые результаты проекта:**

1. Научная база, методики планирования, рекомендации, алгоритмы и проекты стандартов, в том числе международных организаций, для внедрения сетей связи шестого поколения с целью обеспечения эффективного построения цифровой экономики путем сокращения цифрового разрыва за счет опережающего внедрения сетевых технологий сверх высокой плотности и ультра малых задержек при переходе к внедрению сетей связи шестого поколения.
2. Разработанная теория построения трехмерных сверх плотных сетей и сетей связи с ультра малыми задержками при круговых задержках менее 1мс на базе технологий 6G.
3. Модельная сеть для исследований и обучения трехмерных сверх плотных сетей и сетей связи с ультра малыми задержками при круговых задержках менее 1мс на базе технологий 6G в виде модельной сети нового поколения.
4. Разработанная архитектура, характеристики и требования к качеству обслуживания и качеству восприятия, модели трафика, прогнозирование характеристик сети и трафика на основе технологий искусственного интеллекта, методы оптимизации ресурсов для трехмерных сетей связи 6G.
5. Разработанные параметры надежности и доступности сети при переходе к трехмерным сетям связи 6G, требований к этим параметрам, а также требований к параметрам устойчивости сети.
6. Разработанная архитектура сети связи страны, обеспечивающая новый вклад в борьбу с пандемией и иными катастрофическими событиями за счет широкого охвата пользователей сети услугами телеприсутствия.
7. Разработанные методы сетевого и помехоустойчивого кодирования для сетей связи 6G, в том числе с использованием технологий искусственного интеллекта.
8. Разработанные модели, методы и требования к позиционированию устройств в трехмерных сверх плотных сетях связи 6G.
9. Спецификации новых сетевых протоколов.
10. Результаты интеллектуальной деятельности на протоколы, методы кодирования и методы позиционирования.