

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)**



УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по научной работе

А.В. Рабин

«15» 01 2026 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

«2.2.15 – СИСТЕМЫ, СЕТИ И УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ»

Санкт-Петербург
2026

Вступительный экзамен в аспирантуру по специальности 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Поступающие должны продемонстрировать знание следующих тем:

1. Сети и системы связи

История развития сетей связи. Единая Сеть Электросвязи Российской Федерации. Структура телефонной сети общего пользования. Местные и междугородные сети. Коммутация каналов и коммутация пакетов. Конвергенция как концепция развития сетей связи. Сети связи следующего поколения (NGN-Next Generation Network). Протоколы TCP/IP. Протокол IPv6.

Качество обслуживания. Классы и параметры качества обслуживания. Качество восприятия. Способы обеспечения гарантированного уровня качества обслуживания: многопротокольная коммутация по метке, интегральное обслуживание, дифференцированное обслуживание.

Сети связи пятого и последующих поколений. Децентрализация сетей связи. Сети связи и цифровая экономика.

Понятие сети доступа. Широкополосный доступ. Технологии xDSL, PON. Беспроводной широкополосный доступ. Стандарты IEEE 802.11 (WiFi) и IEEE 802.16 (WiMax).

2. Теория телетрафика и моделирование

Простейший (пуассоновский) поток вызовов. Система с бесконечным числом источников. Формула Эрланга. Система с конечным числом источников. Формула Энгсета. Системы с потерями и с ожиданием. Вторая формула Эрланга.

Системы с произвольным законом длительности обслуживания. Формула Полячека-Хинчина. Формула Литтла для систем с ожиданием.

Самоподобные потоки. Автокорреляция. Медленно убывающие и быстро убывающие зависимости. Параметр Херста. Оценка параметра Херста (методы R/S, Higuchi). Метод ON/OFF для генерации самоподобных потоков.

Использование вейвлет-анализа для представления самоподобных потоков. Антиперсистентные потоки.

Имитационное моделирование в телекоммуникациях. Виды имитационного моделирования. Достоверность и точность результатов моделирования. Пакеты и средства имитационного моделирования: ns-2, Riverbed Modeler, Anylogic, PYTHON и их особенности.

3. Самоорганизующиеся сети и системы

Концепция Интернета Вещей. Самоорганизующиеся сети. Примеры самоорганизующихся сетей (USN, VANET). Всепроницающие сенсорные сети USN. Кластерная организация сенсорных сетей. Мобильные сенсорные сети. Протоколы сигнализации в беспроводных сенсорных сетях ZigBee и 6LoWPAN.

Искусственный интеллект в сетях связи. Концепция сетей 2030. Модели трафика для дополненной реальности. Программно-конфигурируемые сети и облачные вычисления. Сверхплотные сети. Сети с ультрамалыми задержками. Качество обслуживания и качество восприятия в сетях связи. Граничные облачные вычисления в сетях связи. Тактильный Интернет и Интернет навыков. Услуги телеприсутствия. Фрактальные размерности для планирование сверхплотных сетей.

4. Инфокоммуникационные системы

Эволюция телекоммуникаций. Цифровые и пакетные сети связи. Поколения мобильных и фиксированных сетей.

Сети связи следующего поколения (NGN). Протокол MGCP, Megaco/H.248.

Самоорганизующиеся сети (SON). Сети AdHoc и mesh.

Коммуникации M2M. Концепция Интернета вещей (IoT).

Системы управления инфокоммуникациями. NGOSS и Framework.

Модели теории телетрафика. Классификация Кендалла. Вероятностно-временные характеристики. Основные формулы.

Самоподобные потоки. Оценивание параметра Херста.

Модели самоорганизующихся систем. Мультиагентные системы.

5. Оптические и квантовые системы связи

Классификация, конструкции, параметры и области использования оптических волокон (ОВ). Линейные и нелинейные явления в ОВ. Процессы распространения сигналов по ОВ с учетом линейных и нелинейных явлений.

Мультиплексирование, модуляция и линейное кодирование цифровых оптических сигналов. Энергетический и когерентный способы приема цифровых оптических сигналов. Оптические и электронные способы компенсации искажений сигналов в ВОСС. Номенклатура, параметры, принципы действия передающих, приемных и усилительных устройств, пассивных и активных компонентов ВОСС.

Проектирование волоконно-оптических систем связи (ВОСС). Информационные технологии, структурные схемы, топологии ВОСС для транспортных сетей и сетей доступа. Организация дистанционного питания. Проектные решения и расчеты.

Строительство и эксплуатация волоконно-оптических линейных трактов. Выбор оптического кабеля (ОК), трассы и способа его прокладки. Монтаж ОВ и ОК. Надежность линейно-кабельных сооружений. Методы и приборы для оптических измерений в процессе строительства и эксплуатации ВОСС. Профилактические и аварийные измерения. Организация работ по эксплуатации ВОЛТ. Аварийно-восстановительные работы.

Принципы квантовой защиты информации. Квантовое распределение ключа (КРК). Системы КРК и их компоненты. Протоколы КРК. Атаки на системы КРК. Принципы построения и топологии сетей КРК.

ИСТОЧНИКИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

Литература к разделу 1, 2, 3.

1. Б.С.Гольдштейн, Н.А.Соколов, Г.Г.Яновский. Сети связи. Санкт-Петербург, БХВ- Петербург, 2010.
2. А.Е.Кучерявый, А.В.Прокопьев, Е.А.Кучерявый. Самоорганизующиеся

сети. Санкт-Петербург, Любавич, 2011.

3. Н.А.Соколов. Задачи планирования сетей электросвязи. Санкт-Петербург, Техника связи, 2012.

4. А.Е.Кучерявый, А.И.Парамонов, Е.А.Кучерявый. Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчета. Москва, ФГУП ЦНИИС, 2008.

5. А.Е.Рыжков, М.А.Сиверс, В.О.Воробьев, А.С.Гусаров, А.С.Слышков, Р.В.Шуньков. Системы и сети радиодоступа 4G: LTE, WiMax. Санкт-Петербург, Линк, 2012.

6. Б.С.Гольдштейн, А.Е.Кучерявый. Сети связи пост-NGN. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2012.

7. Э.Таненбаум. Компьютерные сети. 6-е издание. СПб, Питер, 2023.

8. Л.Клейнрок. Теория массового обслуживания. Учебник. М., Машиностроение, 1979.

9. Е.А.Кучерявый. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет. Наука и Техника, СПб, 2004.

10. Парамонов А.И., Модели потоков трафика для сетей M2M / Парамонов А.И. // Электросвязь. 2014. № 4. С. 11-16.

11. Ateya A., Development of intelligent core network for tactile internet and future smart systems / Ateya A., Muthanna A., Gudkova I., Abuarqoub A., Vybornova A., Koucheryavy A. // Journal of Sensor and Actuator Networks. 2018. Т. 7. № 1.

12. Маколкина, М.А. Метод выгрузки трафика приложений дополненной реальности в многоуровневой системе граничных вычислений / М.А.

Маколкина, А.А. Атея, А.С.А. Мутханна, А.Е. Кучерявый А.Е. // Электросвязь. – 2019. – № 6. – С. 36-42.

13. А.Е. Кучерявый. Интернет Вещей. Электросвязь, №1, 2014.

14. Recommendation Y.2060 “Overview of Internet of Things”. ITU-T, Geneva. June 2012.

15. Кучерявый А.Е. Интернет навыков. / Кучерявый А.Е., Кучерявый Е.А., Киричек Р.В., Бородин А.С., Маколкина М.А., Выборнова А.И., Фам В.Д.,

Ястребова А.А. // Электросвязь. 2018. № 1. С. 29-32.

16. Тонких Е.В. Планирование структуры сети интернета вещей с использованием фракталов // Электросвязь. 2021. № 4. С. 55-62.

17. Маколкина, М.А. Модели для дополненной реальности в сетях связи: учебно-методическое пособие. СПб: СПбГУТ, 2022.

18. А. И. Парамонов, А. С. Викулов, Р. А. Дунайцев. Моделирование сетей связи высокой плотности: учебное пособие. СПб: СПбГУТ, 2022.

19. А. С. Викулов, А. И. Парамонов, Р. А. Дунайцев. Планирование сетей связи высокой плотности: учебное пособие. СПб: СПбГУТ, 2022.

20. А. И. Выборнова, М. А. Маколкина, Е. С. Сапунова, И. А. Пожидаева. Искусственный интеллект в сетях связи: учебное пособие. СПб: СПбГУТ, 2022.

21. Д. А. Молчанов, В. О. Бегишев, К. Е. Самуйлов, Е. А. Кучерявый. Сети 5G/6G: архитектура, технологии, методы анализа и расчета: монография. - Москва: РУДН, 2022.

22. А. Е. Кучерявый, А. А. А. А. Давуд, А. Н. Волков [и др.]. Сети связи шестого поколения: фрактальные архитектуры, голографические взаимодействия, телеприсутствие, сетевые роботы: учебник. СПб; Москва; Минск: Питер, 2024.

23. Enabling Metaverse and Telepresence Services in 6G networks / by Abdelhamied A.Ateya, Ahmed A.Abd El-Latif, Ammar Muthanna, Artem Volkov, Andrey Koucheryavy // River Publishers, 2025.

Литература к разделу 4.

1. Б.С.Гольдштейн, А.Е.Кучерявый. Сети связи пост-NGN. БХВ, С.-Петербург, 2013.

2. Б.С. Гольдштейн, Н.А. Соколов, Г.Г. Яновский, Сети связи. Учебник для ВУЗов. ВН С. Петербург, 2014.

3. Л. Клейнрок. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979.

4. О.И. Шелухин, А.В.Осин, С.М.Смольский. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения. М. Физматлит, 2008, 362 с.
5. А. Б. Гольдштейн, С. В. Кисляков, М. А. Феноменов. Методы разработки систем управления сетями пятого поколения: учеб. пособие. СПб: СПбГУТ, 2021.
6. А. Б. Гольдштейн, С. В. Кисляков, М. А. Феноменов. Открытая цифровая архитектура для разработки систем управления инфокоммуникациями: учебное пособие. СПб: СПбГУТ, 2024.
7. Ю. Ф. Кожанов. Теория телетрафика: учебное пособие. СПб: СПбГУТ, 2020.
8. Ю. Ф. Кожанов. Аналитические модели теории телетрафика: учебник для вузов. СПб: Лань, 2025.

Литература к разделу 5.

1. Трещиков, В. Н. DWDM-системы / В. Н. Трещиков, В. Н. Листвин. – 5-е изд. – М.: Техносфера, 2024. – 475 с. – ISBN 978-5-94836-703-3.
2. Оптические волокна в телекоммуникациях: учебное пособие / М. С. Былина, С. Ф. Глаголев. – СПб: СПбГУТ, 2019. – 108 с.
3. Направляющие системы электросвязи: теория передачи и влияния, проектирование, строительство и техническая эксплуатация: учебник для вузов / В. А. Андреев [и др.]. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2020. – 396 с. – ISBN 978-5-9912-0725-6.
4. Методы и приборы для оптических измерений в инфокоммуникациях: учебное пособие / Е. И. Андреева, М. С. Былина, С. Ф. Глаголев. – СПб: СПбГУТ, 2020-2021. – ISBN 978-5-89160-239-7.
5. Прикладные квантовые технологии для защиты информации / А. С. Андрущенко, А. В. Борисова, В. Л. Елисеев [и др.]. – 2-е изд., испр. – 2024. – 143 с. – ISBN 978-5-6049439-2-2.