

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Современные проблемы беспроводной связи
<b>по направлению:</b>	Прикладная математика и физика
<b>магистерская программа:</b>	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа радиотехники и компьютерных технологий Кафедра проблем передачи информации и анализа данных
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	Магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (Осенний) - Дифференцированный зачёт  
2 (Весенний) - Дифференцированный зачёт

**Программу составили:** **В.А. Логинов, кандидат технических наук**  
**М.В. Любогощев, ассистент**

**Аннотация**

При создании и внедрении новых перспективных технологий беспроводной связи исследователям и разработчикам сетевого оборудования приходится сталкиваться с различными научными задачами и проблемами. В рамках данного курса студенты смогут познакомиться с актуальными задачами, стоящими перед разработчиками современных беспроводных сетей, а также с перспективными направлениями их решения. Цель курса – расширить кругозор студентов и предоставить им возможность выбрать актуальную и интересную тематику для работы над выпускной квалификационной работой магистра.

**Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)**

Семестр: 1 (Осенний)

1. Совместное существование различных сетей в нелицензируемом диапазоне.

Сети Wi-Fi и LTE в нелицензируемом диапазоне 5 ГГц: основные сходства и различия. Методы доступа к среде в сетях LTE-LAA: CSAT, LBT. Проблема справедливого разделения частотных ресурсов. Дальнейшее развитие методов доступа к среде в сетях LTE: eLAA, feLAA. Открытые задачи.

2. Сверхнадежная передача данных с малыми задержками.

Сверхнадежная передача данных с малыми задержками (URLLC, ultra-reliable low latency communication) и ее приложения: тактильный интернет, промышленная автоматизация. Перспективы развития URLLC на базе беспроводных сотовых сетей, возможности технологии New Radio в сотовых сетях пятого поколения, возникающие проблемы. Проблемы планиро-

вания ресурсов и увеличения емкости сети. Перспективы развития URLLC на базе сетей Wi-Fi: резервирование ресурсных блоков в OFDMA-передачах сетях стандарта IEEE 802.11ax/ba, использование вспомогательного радиointерфейса для резервирования среды в сетях Wi-Fi.

### 3. Неортогональный множественный доступ и новые формы сигнала.

Проблемы и ограничения существующих технологий ортогонального множественного доступа и ортогонального разделения сигналов. Неортогональный и полуортогональный множественный доступ: преимущества, особенности. Новые формы сигналов: преимущества, особенности.

### 4. Многоантенные системы.

Необходимость внедрения многоантенных систем, их преимущества и технологические ограничения. Оценка канала. Планирование радиоресурсов. Распределенные антенные системы.

## Семестр: 2 (Весенний)

### 1. Сети передачи данных для транспорта.

Автономный транспорт, как новый тип клиентских устройств в беспроводных сетях передачи данных. Приложения и паттерны трафика, генерируемого транспортом. Требования к качеству обслуживания. Оценка и предсказание канала. Распределенный обмен информацией и централизованное управление движением.

### 2. Множественный доступ в сетях с высокой плотностью.

Проблемы существующих методов доступа в сетях с высокой плотностью пользователей. Методы увеличения производительности в плотных сетях Wi-Fi: внедрение технологии OFDMA, адаптивный выбор мощности передачи, настройка порога детектирования сигнала. Плотные сети в сценариях Интернета Вещей (IoT, Internet of Things). Возможности технологий IEEE 802.11ah, LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT. Открытые проблемы.

### 3. Технологии передачи данных в миллиметровом и терагерцевом диапазонах.

Особенности работы в миллиметровом и терагерцевом диапазонах. Моделирование канала. Методы доступа к каналу. Методы обеспечения надежной доставки данных. Многошаговая передача в миллиметровом и терагерцевом диапазонах. Открытые задачи.

### 4. Передача данных с использованием БПЛА и низкоорбитальных спутников.

Перспективы и возможные преимущества использования летательных аппаратов в качестве мобильных точек подключения к глобальной сети. Использование группировки ЛА в качестве опорной сети. Задачи выбора точки подключения, маршрутизации. Моделирование и оценка беспроводных каналов между ЛА и ЛА, между ЛА и землей.

### 5. Информационная безопасность на физическом уровне.

Недостаточность обеспечения информационной безопасности на уровне данных. Методы обеспечения информационной безопасности на физическом уровне. Основные угрозы информационной безопасности на физическом уровне.

### **Перечень рекомендуемой литературы**

#### Основная литература

1. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. М.: Техносфера, 2006. - 288 с. ISBN: 5-94836-070-9.
2. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. М.: Эко-Трендз, 2010. - 281 с. ISBN: 978-5-88405-094-5.

#### Дополнительная литература

1. Erik Dahlman. 4G, LTE-Advanced Pro and The Road to 5G. 3rd Edition. 616 pp. ISBN 9780128046111.
2. Erik Dahlman Stefan Parkvall Johan Skold 5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology. 466 pp. ISBN 9780128143247.
3. Fei Hu Vehicle-to-Vehicle and Vehicle-to-Infrastructure Communications: A Technical Approach. 346 pp, ISBN 9781138706835.