

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

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Сотовая связь пятого поколения
<b>по направлению:</b>	Прикладные 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: 2 (Весенний) - Экзамен

**Программу составил:** А.Н. Красилов, кандидат технических наук

**Аннотация**

Целью данной дисциплины является изучение студентами основ функционирования, архитектуры и протоколов сетей сотовой связи пятого поколения (5G). В рамках курса детально рассматриваются физический и канальный уровни новой технологии радиодоступа New Radio (NR), а также архитектура и компоненты ядра сети 5G. Помимо теоретического материала студентам излагаются современные тренды в исследованиях и разработке новых поколений сотовых сетей.

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Архитектура и основные принципы построения сетей 5G.

Новые сценарии использования и требования к сотовым сетям пятого поколения (5G). Основные принципы построения сетей 5G и ключевые нововведения: частотные диапазоны, гибкая нумерология, гибкое назначение частотно-временных ресурсов, совместимость с предыдущими и последующими поколениями (backward/forward compatibility).

Архитектура ядра сети 5G: использование технологий SDN и NFV. Обзор сетевых функций (network functions) ядра сети 5G. Разделение сетевых функций (functional split, CU/DU). Взаимодействие с сетями 4G: standalone/non-standalone operation. Разделение сетевых ресурсов (network slicing).

2. Обзор технологии New Radio.

Обзор стека протоколов New Radio (NR). Физический уровень NR. Новые методы передачи, структура кадра, схемы дуплексной работы (FDD, TDD, flexible TDD). Обзор сигнально-

кодовых конструкций. Частотные-временные ресурсы: понятие ресурсного блока, слота, минислота. Физические каналы в восходящей и нисходящей линиях связи: PDCCH, PDSCH, и др. Пилотные сигналы (SRS, DM-RS, CSI-RS) и оценка качества канала. Поддержка многоантенных передач (Massive MIMO) в технологии NR.

Особенности работы технологии NR в каналах миллиметрового диапазона (mmWave): процедуры поиска базовой станции и адаптивной юстировки луча, множественное подключение (multi-connectivity).

Канальный и сетевой уровень NR: отличия от стека протоколов LTE. Обзор протоколов MAC, RLC, PDCP, SDAP.

### 3. Методы обеспечения заданных требований к качеству обслуживания.

Механизмы поддержки сервиса eMBB: обзор методов повышения пропускной способности сетей 5G, взаимодействие с протоколами транспортного уровня (в т.ч. протоколом TCP). Механизмы для поддержки сервиса URLLC: обзор методов повышения надежности и снижения задержек в сетях 5G.

### 4. Эволюция сетей 5G и переход к сетям 6G.

Текущий статус разработки сетей 5G: обзор функциональных возможностей, введенных в Rel.15-17, и планы развития сетей 5G в последующих релизах. Новые сценарии использования и требования к сетям шестого поколения (6G). Обзор перспективных методов передачи данных и технологий для построения сетей 6G (новые частотные диапазоны, реконфигурируемые поверхности, применение искусственного интеллекта для управления сетью и др.).

## Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Коваль В.А. Сети мобильной связи 5G. Технологии, архитектура и услуги. Медиа Паблишер, 2019. - 375 с. ISBN: 978-5-903650-45-3.
2. Erik Dahlman Stefan Parkvall Johan Skold. 5G NR. The Next Generation Wireless Access Technology. 2d edition. Elsevir, 608 pp. ISBN: 9780128223208.
3. Mihai Enescu. 5G New Radio: A Beam-based Air Interface. 1st Edition, Wiley, 437 pp. ISBN: 978-1-119-58238-0.

### Дополнительная литература

1. Sassan Ahmadi. 5G NR: Architecture, Technology, Implementation, and Operation of 3GPP New Radio Standards. 1st Edition, 960 pp. ISBN 9780081022672.