

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 10 » июля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Современные беспроводные технологии абонентского доступа  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Сети, системы и устройства телекоммуникаций  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

подготовка магистранта к практической деятельности в области проектирования и исследования современных беспроводных технологий абонентского доступа.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

-технологии, стандарты сетей беспроводного абонентского доступа,  
-этапы планирования радиосетей,  
-программные комплексы планирования радиосетей,  
-объекты, методы и инструментальные средства проведения исследований беспроводных сетей абонентского доступа.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает объекты, виды, методы, инструментальные средства, а также порядок проведения исследований в беспроводных сетях абонентского доступа	Знает задачи исследований, виды исследований и методы их проведения, порядок разработки задания на проведение исследований	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет оформлять научно-технические отчеты об исследовании беспроводных сетей абонентского доступа	Умеет оформлять результаты исследований в виде научно-технического отчета	Защита лабораторной работы
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет знаниями и умениями, необходимыми для поиска информации/документации и выполнения исследований в области беспроводных сетей абонентского доступа	Владеет навыками поиска и отбора документации в соответствии с утвержденным регламентом и оформление отчета о поиске.	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
2-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Сети беспроводного абонентского доступа	9	8	9	45
<p>Введение Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.</p> <p>Тема 1. Международные стандарты современных беспроводных технологий абонентского доступа Эволюция беспроводных сетей абонентского доступа. Структура, интерфейсы сетей беспроводного абонентского доступа. Технологии радиоинтерфейса. Стандарты сетей WiFi, UMTS, LTE.</p> <p>Тема 2. Планирование сетей беспроводного абонентского доступа Этапы планирования радиосети. Планирование конфигурации БС. Бюджет радиолинии. Модели распространения радиоволн. Планирование топологии. Планирование покрытия. Планирование пропускной способности. Частотное планирование. Назначение параметров. Программные комплексы планирования радиосетей. Инструментальные средства измерения и анализа параметров радиосетей.</p>				
Исследования в области беспроводных сетей абонентского доступа	9	8	9	45
<p>Тема 3. Объекты исследований в беспроводных сетях абонентского доступа Теоретические и экспериментальные исследования. Радиоканал. Модели распространения радиоволн. Качество функционирования сетей. Рынки услуг, оборудования и программного обеспечения.</p> <p>Тема 4. Методы и инструментарий исследований в беспроводных сетях абонентского доступа Методы проведения теоретических и экспериментальных исследований. Инструментальные средства проведения экспериментальных исследований в беспроводных сетях. Средства анализа результатов экспериментов. Заключение</p>				
ИТОГО по 2-му семестру	18	16	18	90
ИТОГО по дисциплине	18	16	18	90

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Планирование пропускной способности сетей WiFi, UMTS, LTE

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
2	Частотное планирование и планирование параметров сетей WiFi, UMTS, LTE
3	Исследование рынка оборудования и программных средств беспроводных сетей абонентского доступа

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Планирование покрытия сетей WiFi, UMTS, LTE
2	Настройка моделей распространения радиосигналов
3	Проведение исследований по оценке качества функционирования сетей WiFi, UMTS, LTE

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Архипкин В. Я. В-CDMA: синтез и анализ систем фиксированной радиосвязи / В. Я. Архипкин, И. А. Голяницкий. - Москва: Эко-Трендз, 2002.	2
2	Гольдштейн Б. С. Сети связи : учебник для вузов / Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г. Г. Яновский. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011.	2
3	Смоловик С. Н. Методы планирования и оптимизации параметров радиосистемы сети UMTS : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.12.13 / С. Н. Смоловик. - Москва: Изд-во МЭИ (ТУ), 2005.	1
4	Частотное планирование сетей телерадиовещания и подвижной связи. Автоматизация управления использованием радиочастотного спектра / М.А. Быховский [и др.]. - Москва: , Красанд, 2012. - (Основы управления использованием радиочастотного спектра : коллективная монография : в 3 т.; Т. 3).	1
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Берлин А. Н. Цифровые сотовые системы связи / А. Н. Берлин. - Москва: Эко-Трендз, 2007.	2
2	Беспроводные технологии от последней мили до последнего дюйма / М. С. Немировский [и др.]. - Москва: Эко-Трендз, 2009.	1
3	Международная и национальная системы управления РЧС. Радиоконтроль и радионадзор / М. А. Быховский [и др.]. - Москва: , Красанд, 2012. - (Основы управления использованием радиочастотного спектра : коллективная монография : в 3 т.; Т. 1).	1
4	Обеспечение электромагнитной совместимости радиосистем. - Москва: , Красанд, 2012. - (Основы управления использованием радиочастотного спектра; Т. 2).	1
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Телекоммуникации : научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал / Наука и технологии. - Москва: Наука и технологии, 2000 - .	
2	Технологии и средства связи : журнал / Гротек. - Москва: Гротек, 2001 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Тюрин С.А. Перспективные технологии беспроводных городских инфокоммуникационных сетей: учеб. пособие/С.А. Тюрин, Е.Л. Кон, Н.Н. Матушкин – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 185 с.	<a href="http://test.at.pstu.ru">http://test.at.pstu.ru</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Лабораторный стенд "Морион"	1
Лабораторная работа	Персональный компьютер	8

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Учебный комплекс "СОТСБИ-У"	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	8

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Современные беспроводные технологии абонентского доступа»**

***Приложение к рабочей программе дисциплины***

**Направление подготовки:** 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Сети, системы и устройства телекоммуникаций

**Квалификация выпускника:** Магистр

**Выпускающая кафедра:** Автоматика и телемеханика

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 1

**Семестр:** 2

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 5 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего контроля, рубежного контроля и промежуточной аттестации. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля		
	Текущий	Рубежный	Итоговый
<b>Усвоенные знания</b>			
<b>З.1</b> Знает объекты, виды, методы, инструментальные средства, а также порядок проведения исследований в беспроводных сетях абонентского доступа	Собеседование Тест, ОЛР, ОПЗ	Собеседование Тест	Экзамен
<b>Освоенные умения</b>			
<b>У.1</b> Умеет оформлять научно-технические отчеты об исследовании беспроводных сетей абонентского доступа	Собеседование Тест, ОЛР, ОПЗ	Собеседование Тест	Экзамен
<b>Приобретенные владения</b>			
<b>В.1</b> Владеет знаниями и умениями, необходимыми для поиска информации/документации и выполнения исследований в области беспроводных сетей абонентского доступа	Собеседование Тест, ОЛР, ОПЗ	Собеседование Тест	Экзамен

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала проводится по каждой теме. Используются следующие формы текущего контроля: собеседование, тест, защита отчетов по практическим занятиям и лабораторным работам. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

Темы практических занятий и лабораторных работ приведены в РПД.

Защита практических и лабораторных работ проводится индивидуально каждым студентом или коллективом студентов, выполнявших работу. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания знаний, умений и навыков (табл. 1.1) проводится после изучения каждого модуля дисциплины. Рубежный контроль проводится в форме собеседования или теста.

### 2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена. Студент допускается к сдаче экзамена при условии успешного прохождения всех контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Экзамен проводится устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

Типовые экзаменационные вопросы по дисциплине

1. Охарактеризуйте поколения сетей мобильной связи
2. Приведите структуру сети UMTS. Назовите функции узлов и характеристики интерфейсов сети.
3. Приведите структуру сети LTE. Назовите функции узлов и характеристики интерфейсов сети.
4. Сравните пропускную способность сетей UMTS/HSPA/HSPA+. Объясните суть технологий, с помощью которых достигается увеличение пропускной способности сетей.
5. Сравните пропускную способность сетей LTE/LTE+. Объясните суть технологий, с помощью которых достигается увеличение пропускной способности сетей.
6. Приведите структурную схему передатчика/приемника радиointерфейса сети UMTS. Поясните основные преобразования, выполняемые в нем.
7. Приведите структурную схему передатчика/приемника радиointерфейса сети LTE. Поясните основные преобразования, выполняемые в нем.
8. Назовите и поясните особенности этапов планирования радиосети UMTS.
9. Назовите и поясните особенности этапов планирования радиосети LTE.
10. Назовите инструментальные средства, используемые на этапах планирования радиосетей 3G. Приведите наиболее часто используемые инструментальные средства операторами связи и проектными организациями нашей страны. Опишите их возможности применительно к сетям 3G.
11. Назовите инструментальные средства, используемые на этапах планирования радиосетей 4G. Приведите наиболее часто используемые инструментальные средства операторами связи и проектными организациями нашей страны. Опишите их возможности применительно к сетям 4G.
12. Приведите и поясните модели распространения радиоволн, используемые при планировании сетей 3G и 4G.

13. Приведите структурную схему базовой станции сети мобильной связи 3G. Назовите назначение модулей/узлов в составе БС и характеристики интерфейсов.
14. Приведите структурную схему базовой станции сети мобильной связи 4G. Назовите назначение модулей/узлов в составе БС и характеристики интерфейсов.
15. Приведите возможные схемы организации антенно-фидерной системы базовых станций 3G и 4G. Назовите назначение и характеристики элементов.

#### Типовые экзаменационные задачи по дисциплине

1. Дано: Стандарт сети, радиус соты, диаграммы направленности антенн. Выбрать тип антенны и найти угол наклона и высоту антенны
2. Дано: Стандарт сети. Размеры территории. Параметры оборудования, необходимые для расчета бюджета радиолинии. Модель распространения радиоволн. Дополнительные условия: обеспечить покрытие на открытом пространстве/внутри помещений. Найти: радиус зоны покрытия БС(необходимое количество БС).
3. Дано: Стандарт сети. Размеры территории. Закон распределения абонентов – равномерный. Количество абонентов и нагрузка от одного абонента в ЧНН. Количество секторов на БС. Параметры оборудования БС. Найти: радиус зоны покрытия БС (необходимое количество БС).
4. Дано: Базовая станция UMTS/LTE. Количество секторов на БС. Количество частотных каналов в секторе. Соотношение каналов для передачи голоса/данных. Схема кодирования, используемая для передачи данных. Найти: необходимую пропускную способность канала связи для подключения БС к сети.
5. Дано: сотовая система, требуемое отношение С/И, доступный частотный ресурс, требуемый частотный ресурс на соту. Выбрать модель кластера

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при промежуточной аттестации считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.