

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И.
Лобачевского»

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан _____

Матросов В.В.

« ____ » _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Современные системы мобильной связи

4-го поколения: WiFi и LTE

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Аспирантура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

03.06.01 «Физика и астрономия»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиофизика

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

**Исследователь. Преподаватель-
исследователь**

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

Очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород

2021 г.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Современные системы мобильной связи 4-го поколения: WiFi и LTE» относится к дисциплинам по выбору аспиранта вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия и специализации «Радиофизика».

Данная дисциплина опирается на компетенции, приобретённые студентами в результате освоения дисциплины «Теория информации и кодирования» базовой части математического и естественнонаучного цикла по той же специальности и дисциплины - «Статистическая радиофизика» базовой части профессионального цикла бакалавриата по тому же направлению подготовки.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ООП (компетенциями выпускников)

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ПК-1</i> Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики (базовый этап)	<i>З(ПК-1)-1</i> Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; <i>У(ПК-1)-1</i> Уметь определять наиболее актуальные направления исследований; <i>У(ПК-1)-2</i> Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и этапов профессионального роста; <i>У(ПК-1)-3</i> Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений; <i>В(ПК-1)-1</i> Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; <i>В(ПК-1)-2</i> Владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований; <i>В(ПК-1)-3</i> Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.
<i>ПК-2</i> Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской	<i>З(ПК-2)-1</i> Знать современное состояние науки в области радиофизики; <i>З(ПК-2)-2</i> Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов; <i>У(ПК-2)-2</i> Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу;

<p>работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта</p> <p>(базовый этап)</p>	<p><i>В(ПК-2)-1</i> Владеть навыками моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов;</p> <p><i>В(ПК-2)-3</i> Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности «Радиофизика».</p>
<p><i>ПК-3</i></p> <p>Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики</p> <p>(базовый этап)</p>	<p><i>З(ПК-3)-2</i> Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях;</p> <p><i>У(ПК-3)-1</i> Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования;</p> <p><i>У(ПК-3)-2</i> Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения;</p> <p><i>У(ПК-3)-4</i> Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.</p>

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 4 часа мероприятия по аттестации), 36 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 2

Структура дисциплины

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Введение	4	2	-	-	-	2	2
Часть 1. Системы связи с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDM-системы связи)							
2. Обработка сигналов в OFDM-системах связи	4	2	-	-	-	2	2

3. Основные характеристики OFDM-системы связи	4	2	-	-	-	2	2
4. Методы оценки передаточной функции канала	4	2	-	-	-	2	2
5. Методы частотной и временной синхронизации	4	2	-	-	-	2	2
Часть 2. Физический уровень стандарта LTE Rel-8/9							
6. Технология множественного доступа OFDMA	4	2				2	2
7. Технология множественного доступа SC-FDMA	4	2				2	2
8. Основные схемы пространственной обработки при использовании технологии MIMO	4	2				2	2
9. Синхронизация и поиск соты в LTE	4	2				2	2
10. Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале	4	2				2	2
11. Отличительные особенности и основные процедуры обработки сигналов, передаваемых от абонентов на базовые станции	4	2				2	2
12. Основные особенности компьютерного моделирования работы передатчика и приёмника на физическом уровне системы связи LTE	4	2				2	2
Часть 3. Физический уровень стандарта Wi-Fi IEEE802.11a/g							
13. Архитектура беспроводных локальных сетей Wi-Fi	4	2				2	2
14. Обзор уровня контроля доступа к среде	4	2				2	2
15. Обзор физического уровня стандарта IEEE802.11a/g	4	2				2	2
16. Основные особенности компьютерного моделирования процедур обработки сигналов на приёмнике и передатчике беспроводной системы связи Wi-Fi IEEE802.11a/g	4	2				2	2
Аттестация по дисциплине - зачет	8	4				4	4
Итого	72	36				36	36

Таблица 3

Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля*
1	Введение	Историческая справка. Понятия многолучевого распространение сигналов и межсимвольной интерференции.	Лекции	-
Часть 1. Системы связи с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDM-системы связи)				
2	Обработка сигналов в OFDM-системах связи	OFDM модуляция. Модуляция и демодуляция OFDM сигнала с использованием быстрого преобразования Фурье. Использование циклического префикса для сохранения ортогональности поднесущих OFDM сигнала в многолучевом канале	Лекции	-
3	Основные характеристики OFDM-системы связи	Модель OFDM системы связи в частотной области. Выбор параметров OFDM системы.	Лекции	-
4	Методы оценки передаточной функции канала	Использование пилотных сигналов для оценки канальной матрицы. Метод наименьших квадратов и метод минимальной среднеквадратичной ошибки	Лекции	-
5	Методы частотной и временной синхронизации	Использование циклического префикса для временной синхронизации. Использование пилотных сигналов для временной и частотной синхронизации	Лекции	-
Часть 2. Физический уровень стандарта LTE Rel-8/9				
6	Технология множественного доступа OFDMA	Ортогональное частотное мультиплексирование пользователей OFDMA	Лекции	-
7	Технология множественного доступа SC-FDMA	Технология множественного доступа SC-FDMA, отличия SC-FDMA от OFDMA. Локализованное и распределённое отображение частотных выборок на поднесущие в SC-FDMA, преимущества и недостатки	Лекции	-

8	Основные схемы пространственной обработки при использовании технологии MIMO	Пространственное разнесение. Схема Аламоути (SFBC). Пространственное мультиплексирование. Пространственное разделение пользователей	Лекции	-
9	Синхронизация и поиск соты в LTE	Основные этапы синхронизации базовой станции и абонентского устройства в системах LTE. Последовательности Задова-Чу	Лекции	-
10	Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале	Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале PBCH, PCFICH, PHICH и PDCCH	Лекции	-
11	Отличительные особенности и основные процедуры обработки сигналов, передаваемых от абонентов на базовые станции	Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале PDSCH, режимы передачи PDSCH	Лекции	-
12	Основные особенности компьютерного моделирования работы передатчика и приёмника на физическом уровне системы связи LTE	Процедура случайного доступа. Функциональное назначение и обработка сигналов в канале PRACH и PUSCH.	Лекции	-
Часть 3. Физический уровень стандарта Wi-Fi IEEE802.11a/g				
13	Архитектура беспроводных локальных сетей Wi-Fi	Топология и основные узлы сети WLAN	Лекции	-
14	Обзор уровня контроля доступа к среде	Основные функции протокола MAC. Основной фрейм MAC уровня. Типы фреймов, их формат и назначение	Лекции	-
15	Обзор физического уровня стандарта IEEE802.11a/g	Назначение и основные параметры физического уровня. Временная и частотная структура фрейма. Временная	Лекции	-

		структура преамбулы фрейма, субфреймов “SIGNAL” и “DATA”. Математическое описание сигналов фрейма. Процедуры шифрования, сверточного кодирования и перемежения данных. Модуляции. Используемые диапазоны частот (channelization). Уровни мощности и спектр излучаемого сигнала (спектральная маска).		
16	Основные особенности компьютерного моделирования процедур обработки сигналов на приёмнике и передатчике беспроводной системы связи Wi-Fi IEEE802.11a/g	Требуемая вероятность фреймовых (пакетных) ошибок и необходимая чувствительность приемника. Влияние неидеальности частотной и временной синхронизации. Символьная синхронизация «вслепую» и на основе пилотных сигналов в OFDM системе	Лекции	-

4. Образовательные технологии

В рамках данного учебного курса предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний Intel, Huawei и др. с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, решения прикладных задач с помощью численного моделирования, стимулирования внеаудиторной работы.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Порядок выполнения и контроля самостоятельной работы обучающегося:

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.

2. Как оценочный способ контроля самостоятельной работы студентов и одновременно разновидность интерактивного обучения используется форма групповой консультации по отдельным разделам дисциплины в виде семинаров по современным проблемам радиофизики, проводимым на кафедре факультативно.

Типовые контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. MAC уровень стандарта IEEE 802.11a. Независимые зоны обслуживания (ad-hoc сети). Зоны обслуживания с точкой доступа. Понятие скрытого узла. Понятие о механизме «множественного доступа с контролем несущей и предотвращением коллизий».

2. Физический уровень стандарта IEEE 802.11a. Основные параметры стандарта. Структура фрейма. Временная и частотная структура субфреймов “PREAMBLE”, “SIGNAL” и “DATA”. Модуляция данных.
3. Архитектура и функциональное назначение логических узлов опорной сети (Core Network) и сети радиодоступа (Radio Access Network).
4. Синхронизация и поиск соты в LTE.
5. Архитектура и функциональное назначение протоколов Layer 1, Layer 2, Layer 3. Процедура случайного доступа.
6. Технология множественного доступа OFDMA. Технология множественного доступа SC-FDMA, отличия SC-FDMA от OFDMA.
7. Отличительные особенности и основные процедуры обработки сигналов, передаваемых от абонентов на базовые станции в LTE Rel-8/9.
8. Локализованное и распределённое отображение частотных выборок на поднесущие в SC-FDMA, преимущества и недостатки.
9. Временные структуры кадра LTE.
10. Ресурсная сетка LTE, расстояние между поднесущими, длительность OFDM символа, частота дискретизации, поддерживаемые полосы частот.
11. Последовательности Задова-Чу.
12. Отличительные особенности и основные процедуры обработки сигналов, передаваемых от базовой станции абонентам в LTE Rel-8/9.
13. Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале PUSCH.
14. Опорные (пилотные) сигналы, пример процедуры оценивания канала.
15. Пространственное мультиплексирование Closed-loop в LTE Rel-8/9.
16. Функциональное назначение и обработка сигналов в физических каналах PDSCH и PUSCH.
17. Опорные сигналы, используемые при передаче от абонентов на базовые станции в LTE Rel-8/9.
18. Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале PDCCH.
19. Функциональное назначение и обработка сигналов в канале PRACH.
20. Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале PDSCH, режимы передачи PDSCH.
21. Разнесённая передача сигналов от базовой станции абонентам в LTE Rel-8/9.

22. Пространственное мультиплексирование Open-loop в LTE Rel-8/9.
23. Функциональное назначение и обработка сигналов в канале PUSCH.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведено в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Предусмотрена процедура аттестации обучающихся в форме зачета в конце семестра. Шкала оценивания имеет два значения: зачет, незачет. Для оценивания результатов обучения в виде знаний, умений и владений процедура аттестации включает в себя: тестирование на основе программы курса и контрольных вопросов (п.6.3) и практические контрольные задания с дальнейшим собеседованием. Проведение итогового контроля сформированности компетенции происходит при текущем контроле самостоятельной работы обучающегося, а также во время устного ответа в ходе зачета.

Критерии оценок:

Зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, знает основные понятия и определения из материала дисциплины.
Не зачтено	Обучающийся после подготовки с использованием конспекта лекций не может последовательно изложить ответ на контрольный вопрос, либо не знает основные понятия и определения из материала дисциплины.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

1. MAC уровень стандарта IEEE 802.11a. Независимые зоны обслуживания (ad-hoc сети). Зоны обслуживания с точкой доступа. Понятие скрытого узла. Понятие о механизме «множественного доступа с контролем несущей и предотвращением коллизий».

2. Физический уровень стандарта IEEE 802.11a. Основные параметры стандарта. Структура фрейма. Временная и частотная структура субфреймов “PREAMBLE”, “SIGNAL” и “DATA”. Модуляция данных.

3. Архитектура и функциональное назначение логических узлов опорной сети (Core Network) и сети радиодоступа (Radio Access Network).

4. Синхронизация и поиск соты в LTE.

5. Архитектура и функциональное назначение протоколов Layer 1, Layer 2, Layer 3. Процедура случайного доступа.
6. Технология множественного доступа OFDMA. Технология множественного доступа SC-FDMA, отличия SC-FDMA от OFDMA.
7. Отличительные особенности и основные процедуры обработки сигналов, передаваемых от абонентов на базовые станции в LTE Rel-8/9.
8. Локализованное и распределённое отображение частотных выборок на поднесущие в SC-FDMA, преимущества и недостатки.
9. Временные структуры кадра LTE.
10. Ресурсная сетка LTE, расстояние между поднесущими, длительность OFDM символа, частота дискретизации, поддерживаемые полосы частот.
11. Последовательности Задова-Чу.
12. Отличительные особенности и основные процедуры обработки сигналов, передаваемых от базовой станции абонентам в LTE Rel-8/9.
13. Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале PBCH.
14. Опорные (пилотные) сигналы, пример процедуры оценивания канала.
15. Пространственное мультиплексирование Closed-loop в LTE Rel-8/9.
16. Функциональное назначение и обработка сигналов в физических каналах PCFICH и PHICH.
17. Опорные сигналы, используемые при передаче от абонентов на базовые станции в LTE Rel-8/9.
18. Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале PDCCH.
19. Функциональное назначение и обработка сигналов в канале PRACH.
20. Функциональное назначение и обработка сигналов в физическом канале PDSCH, режимы передачи PDSCH.
21. Разнесённая передача сигналов от базовой станции абонентам в LTE Rel-8/9.
22. Пространственное мультиплексирование Open-loop в LTE Rel-8/9.
23. Функциональное назначение и обработка сигналов в канале PUCCH.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции УК-1, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 1, 2, 5, 7, 8, 12-23.

Для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенции ОПК-1, используются следующие вопросы из вышеприведенного списка: 3, 4, 6, 9-11.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Прокис Д. Цифровая связь. Пер. с англ. – М: Радио и связь, 2000. 800 с.
2. Ермолаев В.Т., Флакман А.Г. Теоретические основы обработки сигналов в беспроводных системах связи. Монография. – Нижний Новгород: ННГУ, 2011. – 368 с.
3. В.Т. Ермолаев, А.А. Мальцев, А.Г. Флакман, О.В. Болховская, А.В. Клюев. Мобильная связь: вопросы теории и типовые задачи. Учебное пособие. / Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского государственного университета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2014. 234 с.

б) дополнительная литература:

1. Феер К. - Беспроводная цифровая связь: Методы модуляции и расширения спектра. - М.: Радио и связь, 2000. - 520 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):

<http://e.lanbook.com/>;

<http://www.biblioclub.ru>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Автор _____ Г.В. Морозов

Рецензент _____

Заведующий кафедрой бионики
и статистической радиофизики _____ А.А. Мальцев

Программа рекомендована на заседании кафедры бионики и статистической радиофизики от _____ года, протокол № _____.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от _____ 2021 года, протокол № _____.

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<i>ПК-1</i> Способность самостоятельно ставить научные задачи и формулировать новые идеи в области радиофизики					
<i>З(ПК-1)-1</i> Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.	Сформированные системные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных.
<i>У(ПК-1)-1</i> Уметь определять наиболее актуальные направления исследований.	Отсутствие умений.	Частично освоенное умение определять наиболее актуальные направления исследований.	В целом успешное, но не систематическое использование умения определять наиболее актуальные направления исследований.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использования умения определять наиболее актуальные направления исследований.	Сформированное умение определять наиболее актуальные направления исследований.
<i>У(ПК-1)-2</i> Уметь самостоятельно формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и этапов профессионального роста.	Не умеет и не готов формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки и этапов профессионального роста.	Имея базовые представления о тенденциях развития науки в области радиофизики и этапах профессионального роста, не способен сформулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения.	При формулировке новых научных задач в области радиофизики не учитывает тенденции развития науки в области радиофизики и индивидуально-личностные особенности.	Формулирует новые научные задачи в области радиофизики, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики и индивидуально-личностных особенностей, но не полностью учитывает возможные этапы профессиональной деятельности.	Готов и умеет формулировать новые научные задачи в области радиофизики и предполагаемые методы их решения, исходя из тенденций развития науки в области радиофизики, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей.
<i>У(ПК-1)-3</i> Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые	Отсутствие умений.	Частично освоенное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских	Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач генерировать

идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.		идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.	исследовательских и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.	и практических задач генерировать идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.	идеи, поддающиеся операционализации и исходя из наличных ресурсов и ограничений.
<i>В(ПК-1)-1</i> Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.	Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.
<i>В(ПК-1)-2</i> Владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение технологий планирования профессиональной деятельности.	В целом успешное, но не систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение технологий планирования профессиональной деятельности.	Успешное и систематическое применение технологий планирования профессиональной деятельности.
<i>В(ПК-1)-3</i> Владеть навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное владение отдельными навыками анализа радиофизических задач, отдельными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	В целом успешное, но не систематическое владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение основными навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; основными навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.	Успешное и систематическое владение навыками самостоятельной постановки, критического переосмысления и решения новых задач в области радиофизики; навыками использования современных средств вычислительной техники для расчетов.
<i>ПК-2</i> Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению новых научных результатов с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта					
<i>З(ПК-2)-1</i> Знать современное состояние науки в области радиофизики.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные представления о современном состоянии науки в области радиофизики.	Неполные представления о современном состоянии науки в области радиофизики.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современном состоянии науки в области	Сформированные систематические представления о современном состоянии науки в области радиофизики.

				радиофизики.	
З(ПК-2)-2 Знать современные подходы к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	В целом успешные, но несистемные представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.	Сформированные систематические представления о современных подходах к моделированию различных явлений в области радиофизики и оценке полученных результатов.
У(ПК-2)-2 Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Отсутствие умений.	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов.	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу.	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.
В(ПК-2)-1 Владеть навыками моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.	Успешное и систематическое применение навыков моделирования различных явлений в области радиофизики и оценки полученных результатов.
В(ПК-2)-3 Владеть методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности «Радиофизика»	Отсутствие навыков.	Фрагментарное применение методов планирования, подготовки и проведения НИР, анализа и обсуждения полученных данных.	В целом успешное, но не систематическое применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение методов планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировка выводов по результатам НИР.	Успешное и систематическое применение методов планирования, подготовки и проведения НИР и анализа и обсуждения полученных результатов; формулировка выводов и рекомендаций по результатам НИР.

ПК-3 Способность к внедрению научных достижений и разработок в области радиофизики					
З(ПК-3)-2 Знать требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Отсутствие знаний.	Фрагментарные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Общие представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие однократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях.	Сформированные представления о требованиях к содержанию и правилах оформления рукописей, наличие неоднократного опыта публикаций в рецензируемых научных изданиях.
У(ПК-3)-1 Уметь самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.	Отсутствие умений.	Фрагментарное использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.	В целом успешное, но не систематическое использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.	Сформированное умение самостоятельно интерпретировать результаты научного исследования.
У(ПК-3)-2 Уметь оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	Отсутствие умений.	Фрагментарное использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	В целом успешное, но не систематическое использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.	Сформированное умение оценивать границы применимости полученных результатов научного исследования в области радиофизики и возможности их внедрения.
У(ПК-3)-4 Уметь представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Отсутствие умений.	Умение представлять результаты НИР узкому кругу специалистов.	В целом успешное, умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому сообществу.	Успешное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.	Сформированное умение представлять результаты НИР (в т.ч., диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу; определять целевые группы и форматы продвижения результатов собственной научной деятельности.