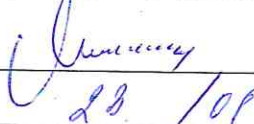


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
(КНИТУ – КАИ)

СОГЛАСОВАНО:

Директор Передовой инженерной школы

 Шабалин Л.П.
23 / 06 2024 г.

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. директора Корпоративного
института

 Никитина Т.С.
24 / 07 2024 г.



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Технологии радиофотоники в задачах проектирования перспективных радиотехнических
систем. Базовый курс»

1. Основные характеристики программы

Соответствие профессиональным стандартам	Программа составлена с учетом профстандартов 06.048 Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций; 06.018 Инженер связи (телекоммуникаций), утвержденного приказом Минтруда №866н от 31.12.2014.
Соответствие квалификационным требованиям	Программа составлена с учетом приказа Минздравсоцразвития РФ от 11.01.2011 №1н «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих», раздел «Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования»
Категория слушателей	инженерно-технические работники
Срок обучения	6 недель (72 часа).
Форма обучения	очная с применением дистанционных образовательных технологий

Программа дополнительного профессионального образования разработана и реализуется в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы. Комплексная авиационная инженерия».

2. Цель реализации программы:

Целью программы является формирование у слушателей базовых теоретических знаний и практических навыков в области, связанной с применением технологий радиофотоники для разработки перспективных радиотехнических систем

3. Требования к результатам обучения

Слушатель, освоивший программу, должен:

3.1. Знать:

- основные преимущества и ограничения технологий радиофотоники в задачах построения перспективных радиотехнических систем;
- типовые свойства и ограничения основной оптико-электронной элементной базы, применяемой в устройствах радиофотоники;
- состав, назначение структурных элементов и основные свойства простейших радиофотонных узлов.

3.2. Уметь:

- осуществлять подбор оптико-электронной элементной базы для реализации радиофотонных узлов с заданными свойствами;
- осуществлять обоснованный выбор схемотехнического решения радиофотонного устройства, обеспечивающего свойства, заданные техническим заданием.

3.3. Владеть:

- навыками моделирования простейших радиодифракционных узлов в специализированных САПР.

4. Содержание программы

Календарный учебный график

Образовательный процесс по программе может осуществляться в течение всего календарного года.

Форма обучения	Часов в неделю	Общая продолжительность программы (недель)
очная с применением дистанционных образовательных технологий	12	6

Архив с материалами курсов хранится в облачном пространстве, ссылка предоставляется слушателям индивидуально.

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

программы повышения квалификации

«Технологии радиодифрактики в задачах проектирования перспективных радиотехнических систем. Базовый курс»

№	Наименование разделов, дисциплин и тем	Всего часов	В том числе		
			Лекции	Лабораторные занятия	Форма контроля
1	2	3	4	5	7
1.	Модуль 1 «Введение в радиодифрактику»	7	6	-	1
	Тема 1. Радифрактика как наука	2	2	-	-
	Тема 2. Базовые принципы построения радиодифракционных систем	2	2	-	-
	Тема 3. Применение технологий радиодифрактики в задачах синтеза и обработки сигналов и в информационно-измерительной технике	2	2	-	-
	Текущий контроль по модулю 1	1	-	-	1
2.	Модуль 2 «Элементная база дифракционных систем»	59	38	20	1
	Тема 1. Источники и приемники оптического излучения	18	10	8	-
	Тема 2. Модуляция оптического излучения	12	8	4	-

	Тема 3. Оптическое волокно	14	10	4	-
	Тема 4. Пассивные оптические компоненты.	12	8	4	-
	Тема 5. САПР для радиофотоники	2	2	-	-
	Текущий контроль по модулю 2	1	-	-	1
3.	Модуль 3 «Фотонные интегральные схемы»	5	4	-	1
	Тема 1. Понятие фотонных интегральных схем. Технические платформы для интегральной фотоники и их ограничения.	2	2	-	-
	Тема 2. Программное обеспечение для моделирования фотонных интегральных схем.	2	2	-	-
	Текущий контроль по модулю 3	1	-	-	1
	Итоговая аттестация	1	-	-	1
	Итого	72	48	20	4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

повышения квалификации

«Технологии радиофотоники в задачах проектирования перспективных радиотехнических систем. Базовый курс»

Модуль 1. Введение в фотонику (7 ч.)

1. Радиофотоника как наука.

Понятие радиофотоники, преимущества и ограничения радиофотонных систем, ведущие отечественные и зарубежные научные школы.

2. Базовые принципы построения радиофотонных систем.

Радиофотонные тракты с внешней и непосредственной модуляцией, преимущества и ограничения.

3. Применение технологий радиофотоники в задачах синтеза и обработки сигналов и в информационно-измерительной технике.

Радиофотонные подходы для построения систем: измерения доплеровских частот, фазовых пеленгаторов, векторных анализаторов, узлов обработки сигналов

Модуль 2. Элементная база фотонных систем (59 ч.)

1. Источники и приемники оптического излучения.

Полупроводниковые лазерные диоды. Некогерентные источники в приложениях фотоники. Оптические усилители (волоконные, полупроводниковые). Непосредственная модуляция лазера. Радиофотонные тракты с непосредственной и внешней модуляцией. Фотодиоды.

2. Модуляция оптического излучения

Амплитудная модуляция и способы ее реализации. Электрооптические модуляторы на основе интерферометра Маха-Цандера. Фазовая и поляризационная модуляции и способы их реализации. Количественная оценка характеристик модуляционного преобразования. Характеристики модуляторов и методы их измерения.

3. Оптическое волокно.

Принцип работы, основные характеристики и виды оптических волокон. Затухание в оптических волокнах. Дисперсия в оптических волокнах. Нелинейные потери в оптических волокнах.

4. Пассивные оптические компоненты

Оптические соединители. Оптические разветвители, изоляторы, циркуляторы, WDM мультиплексоры. Волоконные брэгговские структуры.

5. САПР для радиофотоники.

Обзор САПР для моделирования фотонных и радиофотонных систем. Ограничения программных пакетов.

Модуль 3. Фотонные интегральные схемы (5 ч.)

1. Понятие фотонных интегральных схем. Технические платформы для интегральной фотоники и их ограничения.

Фотонная интегральная схема (ФИС), материалы для изготовления ФИС, их преимущества и ограничения.

2. Программное обеспечение для моделирования фотонных интегральных схем.

Обзор САПР для моделирования устройств интегральной фотоники. Ограничения программных пакетов. Импорт ФИС в программные пакеты для моделирования фотонных систем.

Перечень лабораторных занятий

Модуль	Номер темы	Наименование лабораторного занятия	Кол-во часов
1	2	3	4
2	1	Исследование характеристик полупроводниковых лазерных диодов (САПР)	8
		Исследование характеристик фотодиодов (САПР)	
	2	Исследование электрооптического модулятора Маха-Цандера (САПР)	4
	3	Исследование искажений сигналов при распространении по оптическому волокну (САПР)	4
	4	Исследование характеристик волоконных брэгговских структур (САПР)	4

5. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий (адрес)	Вид занятий	Наименование оборудования/программного обеспечения
1	2	3
Аудитория 6, ул. К. Маркса 31/7, каф. РФМТ	Лекции, лабораторные занятия (по видео-конференц-связи)	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска.

Лабораторные занятия выполняются в специализированном САПР (trial версия, устанавливается слушателями на свои ПК самостоятельно).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение программе

6.1 Основная и дополнительная учебная литература

1. Листвин, А. В. Рефлектометрия оптических волокон. – М.: ЛЕСАРпт, 2005. – 208 с.
2. Цуканов, В.Н. Волоконно-оптическая техника. Практическое руководство. – М.: Инфра-Инженерия, 2014. – 304 с.
3. Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи / Р. Фриман. – М.: Техносфера, 2003. – 590 с.
4. Метрологическое обеспечение волоконно-оптических систем передачи: конспект лекций, ФГБОУ ВО ПГУТИ. – 143 с.
5. ГОСТ Р МЭК 60793-1-40-2012. Волокна оптические. Методы измерений и проведение испытаний. Затухание.
6. ГОСТ Р МЭК 60793-2-50-2018. Волокна оптические. Технические требования к изделию. Групповые технические требования к одномодовым оптическим волокнам класса В.
7. РД 45.047-99. Линии передачи волоконно-оптические на магистральной и внутризоновых первичных сетях ВСС России. Техническая эксплуатация.
8. Стандарты ITU-T: G.651.1, G.652, G.653, G.654, G.655
9. Андреев, В.А. Направляющие системы электросвязи: теория передачи и влияния, проектирование, строительство и техническая эксплуатация / Андреев В.А., Портнов Э.Л., Бурдин В.А., Бурдин А.В., Воронков А.А. / Учебник для вузов / Под редакцией В. А. Андреева, 8-е изд., перераб. и доп. 2018 г. 396 стр.
10. Волоконные брэгговские решетки и мультипликативные датчики на их основе: учебное пособие для ВУЗов / А.А. Кузнецов, А.Ж. Сахабутдинов, И.И. Нуреев, В.И. Артемьев; под ред. О.Г. Морозова. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. – 2020. - 108 с.
11. Agrawal, G.P. Fiber-Optic Communication Systems / G.P. Agrawal. – John Wiley & Sons, 2012. – 627 p.
12. Митрофанов А.С. Основные принципы работы лазеров. Учебное пособие по курсу "Лазерная физика, техника и технология". - СПб: СПбГИТМО(ТУ), 1999. - 74 с.
13. Митрофанов А.С. Принципы усиления оптического излучения. Учебное пособие. СПб: СПбГУИТМО, 2005, с.112.
14. Урик Винсент Дж.-мл. Основы микроволновой фотоники // Москва: Техносфера, 2016. – 376с.
15. Сидоров, А.И. Основы фотоники: физические принципы и методы преобразования оптических сигналов в устройствах фотоники. Учебное пособие. – СПб.: ФГБОУ ВПО «СПб НИУ ИТМО», 2014 г. – 148 с.
16. Афанасьев, В.М. Электрооптический модулятор по схеме интерферомтера Маха-Цандера // Прикладная фотоника, 2016. – Т.3, №4.

6.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Дисперсия и методы ее измерения [Электронный ресурс]: — Текст электронный // Банк лекций Siblec.ru. — URL: <https://siblec.ru/telekommunikatsii/opticheskie-linii-svyazi-i-passivnye-komponenty-vosp/5-dispersiya-i-metody-ee-izmereniya> (дата обращения: 04.07.2024). — Режим доступа: свободный.
2. Шевцов, А. Н. Оптические системы передачи: учебное пособие / А. Н. Шевцов. — 2-е изд., доп. — Хабаровск: ДВГУПС, 2018. — 164 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179409> (дата обращения: 04.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Дмитриев, А. Л. Оптические системы передачи информации: учебное пособие / А. Л. Дмитриев. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2007. — 96 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/43636> (дата обращения: 04.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Варжель, С. В. Волоконные брэгговские решетки : учебное пособие / С. В. Варжель. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. — 65 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/70838> (дата обращения: 04.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Грибаев, А. И. Интерферометрические методы записи волоконных решеток Брэгга : учебное пособие / А. И. Грибаев, С. В. Варжель, А. В. Куликов. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2018. — 43 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136507> (дата обращения: 04.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательных процессов по программе

1. Сайт «Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования».

2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>

3. Сайт КНИТУ-КАИ.

7. Оценка качества освоения программы

Аттестация слушателей включает три текущих контроля (по каждому модулю) и итоговую аттестацию. Текущий контроль представляет собой устное обсуждение в формате круглого стола. Итоговая аттестация включает в себя ответы на контрольные вопросы билетов по всем модулям посредством заполнения интерактивных онлайн-форм (по 5 вопросов в билете).

Слушатель считается успешно прошедшим итоговую аттестацию, если он верно ответил не менее чем на 3 из 5 вопросов билета. Слушатель считается аттестованным, если пройдены все этапы текущего контроля и успешно пройдена итоговая аттестация.

Примеры контрольных вопросов и вопросов для обсуждения в ходе текущего контроля.

Модуль 1. Введение в фотонику

Для чего в режиме прямой модуляции (по току накачки) необходимо подавать смещение?

На какую наибольшую полосу пропускания (частоту модуляции) в настоящее время доступны отечественные передающие модули?

Модуль 2. Элементная база фотонных систем

Какие преимущества дает использование гетероструктур в лазерах?

Какие подходы применяются при построении некогерентных источников излучения?

В чем суть электрооптического эффекта? Какие виды модуляции он позволяет получить?

Каким образом реализуются волокна с сохранение поляризации?

Каким образом реализуются волокна, устойчивые к воздействию радиации?

Модуль 3. Фотонные интегральные схемы

Приведите примеры типовых элементов ФИС.

Какие ограничения платформы «кремний-на-изоляторе»?

Какие главные преимущества платформы InP?

8. Кадровые условия реализации программы

В реализации программы принимают участие ведущие преподаватели и специалисты кафедры радиопотоники и микроволновых технологий КНИТУ-КАИ.

9. Разработчики и составители программы

Кузнецов Артём Анатольевич,
д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой радиопотоники и микроволновых технологий КНИТУ-КАИ