

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**

**Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение  
высшего образования**

**«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Первый проректор-проректор по  
учебной работе**

Г.М.Машков

2021 г.

Регистрационный № 01-2021



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

**«Когерентные оптические системы связи»**

Санкт-Петербург  
2021 г.

Настоящая программа дополнительного образования (повышения квалификации) разработана на основе Федерального закона Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273 ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам», а также Положения о повышении квалификации профессорско-преподавательского состава СПбГУТ.

Составители:

кандидат технических наук,  
доцент



М.С. Былина

(подпись)

кандидат технических наук,  
доцент



С.Ф. Глаголев

(подпись)

ОБСУЖДЕНО

на заседании кафедры 21.01.2021, протокол № 6

заведующий кафедрой ФилС



М.С. Былина

(подпись)

ОДОБРЕНО

Декан факультета ИКСС



Д.В. Окунева

(подпись)

СОГЛАСОВАНО

Директор ИНО



А.А. Лубянников

(подпись)

Начальник учебно-методического  
управления



Л.А. Васильева

(подпись)

## **1. Цель реализации программы**

Целью реализации программы является качественное изменение профессиональных компетенций, необходимых для выполнения следующих видов профессиональной деятельности в рамках имеющейся квалификации:

– анализ, применение и развитие современных оптических технологий формирования сигналов, их передачи, приема и обработки в высокоскоростных когерентных системах связи.

## **2. Требования к результатам обучения**

В результате освоения программы слушатель должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для качественного изменения компетенций, указанных в п. 1:

слушатель должен знать:

- современные инфокоммуникационные технологии, принципы действия, структурные схемы и конструкции линейных волоконно-оптических трактов и волоконно-оптических систем связи (ВОСС) с использованием DWDM;
- принципы действия, конструкции и параметры устройств для генерации, модуляции и кодирования оптического излучения, а также устройств для энергетического и когерентного приема и обработки оптических сигналов;
- принципы действия, конструкции и параметры элементов ВОСС, включая мультиплексоры во временной и волновой областях, различные виды модуляторов, оптические усилители, транспондеры, кросс-коммутаторы, реконфигурируемые мультиплексоры ввода-вывода (ROADM)
- оборудование отечественных производителей ВОСС с использованием DWDM и энергетическим и когерентным приемом.

слушатель должен уметь:

- использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии в области когерентных ВОСС;
- обосновывать выбор и проводить сравнительный анализ инфокоммуникационных технологий и оборудования для ВОСС с использованием DWDM;
- обосновывать технические решения по выбору передающего и приемного оборудования, мультиплексоров, модуляторов, кросс-коммутаторов, оптических усилителей, транспондеров, а также оценивать качество связи для энергетического и когерентного приема при различных алгоритмах обработки оптических сигналов;
- формулировать технические задания, разрабатывать документацию для проектов строительства и реконструкции высокоскоростных когерентных ВОСС с использованием оборудования отечественных производителей.

### **3. Содержание программы<sup>1</sup>**

Категория слушателей – высшее образование, преподаватели высшей школы.

Срок обучения – 32 часа.

Форма обучения – очно-заочная

### **Учебный план программы повышения квалификации «Когерентные оптические системы связи»**

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего, час.	В том числе	
			лекций	Практич. и лаборат. занятия
1	Современные инфокоммуникационные технологии и оборудование высокоскоростных волоконно-оптических сетей связи (ВОСС)	8	2	6
2	Структура и элементная база ВОСС	8	2	6
3	Процессы передачи, приема и обработки оптических сигналов в высокоскоростных ВОСС	8	2	6
4	Проекты строительства и реконструкции высокоскоростных ВОСС	8	2	6

### **Учебная программа «Когерентные оптические системы связи»**

#### **Тема 1. Современные инфокоммуникационные технологии и оборудование высокоскоростных волоконно-оптических сетей связи (ВОСС) (8 часов)**

Протоколы, топологии, форматы данных, виды мультиплексирования, форматы используемой модуляции и кодирования для инфокоммуникационных технологий PDH, SDH, Ethernet, OTN

Принципы построения, схемы, конструкции и параметры сетевого оборудования.

Особенности технологий PDH, SDH, Ethernet, OTN.

<sup>1</sup> Наличие учебной программы носит рекомендательный характер, определяется объемом программы, требованиями заказчика и т.д.

## **Тема 2. Структура и элементная база ВОСС (8 часов)**

Передающие и приемные устройства, модуляторы, кодеры, регенераторы, мультиплексоры DWDM, кроссовое оборудование, кросс-коммутаторы, оптические усилители. Принципы действия, конструкции и параметры.

Состав оборудования, сетевые топологии. Управление сетью.

## **Тема 3. Процессы передачи, приема и обработки оптических сигналов в высокоскоростных ВОСС (8 часов)**

Формирование оптических сигналов для ВОСС.

Описание процессов передачи сигналов по оптическим волокнам с учетом линейных и нелинейных явлений.

Особенности энергетического и когерентного приема оптических сигналов.

Обработка оптических и электрических сигналов в ВОСС. Качество связи.

## **Тема 4. Проекты строительства и реконструкции высокоскоростных ВОСС (8 часов)**

Технико-экономические обоснования проектов строительства и реконструкции.

Выбор трасс, кабелей, способов прокладки, сетевого оборудования.

Состав проектной документации. Проектные расчеты.

Организация строительных работ.

### **Перечень лабораторных работ**

Номер темы	Наименование лабораторной работы
1	Исследование современных форматов модуляции оптических сигналов (4 часа)
2	Изучение состава оборудования ВОСП с DWDM «Волга» компании Т8. Настройка оборудования, измерения (4 часа)
3	Изучение линейного тракта транспортной сети и измерение его параметров (2 часа)

### **Перечень практических занятий**

Номер темы	Наименование практического занятия
1	Оптические транспортные сети (OTN) (2 часа)
2	Транспондеры, оптические усилители (2 часа)
3	Линейные и нелинейные явления в оптических волокнах. ВОСП с когерентным приемом и различными форматами модуляции. Коррекция ошибок (4 часа)
4	Использование программного обеспечения в проектировании ВОСС. Моделирование ВОСС (6 часов)

#### **4. Организационно-педагогические условия**

4.1. Формы и режим занятий: аудиторная; групповая; индивидуальная; самостоятельная работа.

4.2.Форма обучения: очно-заочная.

4.3.Срок освоения: 1 месяц.

4.4. Применяемые средства обучения: компьютеры, мультимедийный комплекс, специализированное лабораторное оборудование.

4.5.Материально-техническое обеспечение реализации программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория	лекции	Компьютер, мультимедийный комплекс
Лаборатория пассивных оптических сетей (а. 619/1)	Практические и лабораторные занятия	Стенды с образцами оптических кабелей, пассивных компонентов, оптических муфт, измерительное оборудование
Лаборатория фотоники и оптоинформатики (а. 446/2)	Практические и лабораторные занятия	Лабораторные модули для исследования активных компонентов ВОСС
Лаборатория высокоскоростных магистральных DWDM систем	Практические и лабораторные занятия	DWDM-оборудование «Волга»

4.6.Учебно-методическое обеспечение программы

1. Фокин, В. Г. Когерентные оптические сети [Электронный ресурс] : учебное пособие / Фокин В. Г. - Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. - 371 с.

2. Листвин, В. Н. DWDM-системы : научное издание / В. Н. Листвин, В. Н. Трещиков. - 2-е изд. - М. : Техносфера, 2015. - 278 с. : ил. - Библиогр.: с. 273-278.

3. Былина, М.С. Оптические волокна в телекоммуникациях : [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. С. Былина, С. Ф. Глаголев. - СПб. : СПбГУТ, 2019. - 108 с.

## **5. Оценка качества освоения программы**

Оценка качества освоения программы осуществляется аттестационной комиссией в виде зачета в устной форме. Комиссия оценивает уровень освоения слушателями материала, предусмотренного программой, и дает общую оценку - «зачтено», «не засчитано».

### ***Перечень вопросов***

1. Общие сведения об энергетическом и когерентном приеме цифровых оптических сигналов
2. Внутренняя амплитудная модуляция при энергетическом приеме. Ограничения на скорость передачи
3. Качество связи при энергетическом приеме и амплитудной модуляции
4. Внешняя модуляция по амплитуде, фазе, частоте и поляризации. Математическое описание модулированных сигналов. Квадратурная модуляция
5. Электрооптические модуляторы амплитуды, фазы и поляризации
6. Мультиплексирование во временной области
7. Мультиплексирование в частотной области
8. Мультиплексоры ввода/вывода. Кросс коммутаторы
9. Оптические усилители для волоконно-оптических систем связи
10. Описание процессов распространения оптических сигналов по одномодовым оптическим волокнам
11. Принцип когерентного приема оптических сигналов. Интерферометр Маха Цендера
12. Гетеродинный и гомодинный прием
13. Оптическая обработка сигналов
14. Электронная обработка сигналов при гетеродинном приеме
15. Волоконно-оптические системы связи с фазовой модуляцией
16. Использование модуляции DP QPSR.

Слушатель считается аттестованным, если имеет положительные оценки (зачтено) по разделам программы, выносимым на зачет.

## **6. Составители программы**

Былина М.С., к.т.н., доцент, зав. каф. ФиЛС  
Глаголев С.Ф., к.т.н., доцент, доцен каф. ФиЛС