

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «*Электрическая связь*»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**Б1.В.9 «ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ»**

для специальности

**23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов»**

по специализации

**«Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта»**

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург  
2025

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Электрическая связь»

Протокол № 05 от 24 декабря 20 24 г.

Заведующий кафедрой  
«Электрическая связь»  
24 декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_

Е.В. Казакевич

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП  
по специализации  
«Телекоммуникационные системы и сети  
железнодорожного транспорта»  
24 декабря 2024 г.

\_\_\_\_\_

Е.В. Казакевич

## 1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Волоконно-оптические линии связи» (Б1.В.9) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 23.05.05. «Системы обеспечения движения поездов» (далее – ФГОС ВО) утвержденного 27 марта 2018 г., приказ Минобрнауки России № 217, с учетом профессионального стандарта 17.018 «Работник по техническому обслуживанию и ремонту объектов железнодорожной электросвязи» (утвержден 1 апреля 2024 г., приказ Минтруда России № 162н).

Целью изучения дисциплины «Волоконно-оптические линии связи» является приобретение навыков и получение студентами знаний по вопросам проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий передачи и сетей различного назначения на железнодорожном транспорте

Для достижения поставленных целей решаются следующие задачи:

- изучение эволюции развития волоконно-оптических систем передачи и волоконно-оптических линий связи с учетом особенностей железнодорожного транспорта;
- изучение основных элементов и характеристик волоконно-оптических линий связи (активных и пассивных) их классификацию и области применения;
- изучение основных принципов проектирования и строительства волоконно-оптических линий связи технологических операторов связи с учетом специфики железнодорожного транспорта;
- получение навыков монтажа и различных видов измерения оптических волокон, оптических трактов и оптических кабелей связи;
- изучение перспективных компонентов волоконно-оптических сетей связи для построения полностью оптических телекоммуникационных сетей.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций и/или части компетенций. Сформированность компетенций и/или части компетенций оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b> Техническое обслуживание объектов железнодорожной электросвязи (оборудования и устройств телекоммуникационных систем и сетей связи железнодорожного транспорта)	
ПК-1.2.2. Умеет диагностировать неисправности при техническом обслуживании объектов железнодорожной электросвязи	Обучающийся <i>умеет</i> : – оценивать характеристики оптических измерительных приборов, влияющих на точность определения измеряемых параметров и разрешающую способность при различных видах измерений; – проводить измерения по определению характера и

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине
	расстояний до мест повреждений оптических кабелей связи.
ПК-1.3.7 Имеет навыки анализа технического состояния объектов железнодорожной электросвязи	<p>Обучающийся <i>владеет</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Навыками оценки потерь в разъемных соединениях и применять правила обращения с оптическими разъемами различных типов и их техническое обслуживание;</li> <li>– методикой инженерного расчета длины регенерационного участка ВОЛС;</li> <li>– принципами проектирования волоконно-оптических линий связи;</li> <li>– технологиями ремонтно-восстановительных работ ВОЛС;</li> <li>– методикой инженерного расчета длины регенерационного участка ВОЛС;</li> </ul>
ПК-1.3.11. Имеет навыки измерения электрических параметров воздушных, кабельных и волоконно-оптических линий железнодорожной автоматики	<p>Обучающийся имеет навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- измерения электрических параметров воздушных, кабельных и волоконно-оптических линий железнодорожной автоматики</li> </ul>

### 3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)».

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
Контактная работа (по видам учебных занятий) В том числе:	48	48
– лекции (Л)	32	32
– практические занятия (ПЗ)	-	-
– лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	60	60
Контроль	36	36
Форма контроля (промежуточной аттестации)		Э, КП
Общая трудоемкость: час / з.е.	144	144

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		5
Контактная работа (по видам учебных занятий) В том числе:	12	12
– лекции (Л)	8	8

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		5
– практические занятия (ПЗ)	-	-
– лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	123	123
Контроль	9	9
Форма контроля (промежуточной аттестации)		Э, КП
Общая трудоемкость: час / з.е.	144	

Примечание: «Форма контроля» – экзамен (Э), курсовой проект (КП)

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Раздел 1. Области применения и принципы построения оптических сетей связи	<b>Лекция 1.</b> Основные этапы развития волоконно-оптических линий и сетей связи. Вклад ученых России в теорию и практику оптической связи. Области использования волоконно-оптических технологий и кабелей в различных сетях передачи информации на железнодорожном транспорте: магистральной, дорожной и отделенческой сетях связи, кабельного телевидения, передачи данных, автоматизации управления движением, а также локальных вычислительных сетях и сетях абонентского доступа. Этапы развития железнодорожных волоконно-оптических линий и сетей связи. Структурная схема передачи информации по оптической линии связи. Основные элементы ВОЛС. Взаимосвязь между характеристиками источников оптического излучения, оптическим волокном и приемниками оптического излучения. Схематическая структура некоммутируемой и коммутируемой волоконно-оптической сети. Стандарты Международного Союза Электросвязи и других международных организаций, касающиеся волоконно-оптических технологий при проектировании, строительстве и эксплуатации ВОЛС.	ПК1.2.2, ПК 1.3.7

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
2	<p>Раздел 2. Конструкция и типы оптических волокон.</p> <p>Характеристики оптических волокон, определяющие их качество и долговечность</p>	<p><b>Лекция 2.</b> Конструкция оптических волокон. Сердцевина и отражающая оболочка. Первичное защитное покрытие и защитные оболочки оптических волокон. Типы оптических волокон. Разновидности многомодовых волокон и области их использования. Разновидности одномодовых волокон и области их использования. Профиль распределения показателя преломления, его воздействие на распространение света по оптическому волокну. Причины ограничения дальности и скорости передачи по оптическим волокнам. Среднеквадратическая длительность импульсов. Передаточные характеристики оптического волокна. Причины и оценка потерь в оптических волокнах. Поглощение и рассеяние. Затухание оптических волокон. Дисперсия импульсных сигналов. Модовая дисперсия. Дисперсия материала. Волноводная дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия.</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7
		<p><b>Лабораторная работа 1</b> Исследование процессов распространения оптических импульсов по одномодовым волокнам.</p>	ПК-1.3.7
		<p><b>Самостоятельная работа.</b> Курсовой проект.</p> <p><b>Лекция 3.</b> Характеристики передачи: коэффициент затухания, полоса пропускания, хроматическая дисперсия. Электрическая и оптическая полоса пропускания. Геометрические характеристики. Механические характеристики прочность и срок службы оптических волокон. Теоретическая и реальная прочность оптического волокна на разрыв. Испытание оптического волокна на прочность и расчет вероятности разрушения волокна. Срок службы оптического волокна. Статическая коррозия и динамическая коррозия. Климатические характеристики оптических волокон.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> Курсовой проект.</p>	<p>ПК-4.1.1, 4.2.1, 4.3.1</p> <p>ПК1.2.2, ПК 1.3.7</p> <p>ПК-1.3.11</p>
3	<p>Раздел 3. Распространение света в ступенчатых и градиентных оптических волокнах</p>	<p><b>Лекция 4.</b> Два подхода к объяснению процесса распространения света в оптических волокнах. Лучевой подход. Электромагнитный подход. Основные законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение плоской волны на</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>границе раздела двух сред. Закон Снеллиуса. Волновые процессы на границе раздела двух диэлектрических сред. Распространение света в ступенчатых оптических волокнах. Входная угловая и числовая апертура световода. Распространение света по градиентному оптическому волокну. Локальная и эффективная числовая апертура. Распространения волноводных мод в идеальном оптическом волокне двухслойной конструкции без потерь. Число распространяющихся мод. Условия одномодового режима работы.</p>	
4	<p>Раздел 4. Оптоэлектронные и пассивные элементы волоконно-оптических направляющих систем, линий и сетей связи</p>	<p><b>Лекция 5.</b> Источники оптического излучения: светоизлучающие диоды и полупроводниковые лазеры. Оптические и электрические характеристики полупроводниковых лазеров: лазерные моды, спектральные характеристики, ваттамперные и вольтамперные характеристики, частотные характеристики. Приемники оптического излучения: pin – фотодиоды и лавинные фотодиоды. Импульсные и частотные характеристики приемников оптического излучения. Шумы фотоприемников. Волоконно-оптические усилители. Пассивные элементы: оптические муфты и кроссы, оптические вилки и розетки, адаптеры обнаженного волокна, аттенуаторы, направленные ответвители, оптические фильтры.</p>	<p>ПК1.2.2, ПК 1.3.7</p>
5	<p>Раздел 5. Конструкции и характеристики оптических кабелей</p>	<p><b>Лекция 6.</b> Конструкции и характеристики оптических кабелей. Общие требования к оптическим кабелям. Элементы конструкций оптических кабелей. Сердечник кабеля. Упрочняющие элементы. Оболочка кабеля. Механические характеристики оптических кабелей связи. <b>Лекция 7.</b> Методы испытаний стойкости оптического кабеля к воздействию различных нагрузок. Отечественные оптические кабели для железнодорожных сетей связи и сетей связи общего пользования. Самонесущий кабель для подвески на опорах контактной сети.</p>	<p>ПК1.2.2, ПК 1.3.7</p> <p>ПК1.2.2, ПК 1.3.7</p>
6	<p>Раздел 6. Проектирование и строительство волоконно-оптических линий связи</p>	<p><b>Лекция 8.</b> Технико-экономическое обоснование варианта строительства ВОЛС. Выбор топологии линии передачи информации и расчет надежности ее работы. Выбор типа оптических волокон и конструкции оптического кабеля. Выбор трассы и способа прокладки ОКС. Расчет длины регенерационного участка. Вводы</p>	<p>ПК 1.2.2 ПК-1.3.11</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>кабеля в помещения и монтаж оконечных устройств. Календарный план строительства и потребности в рабочей силе: подготовительный период, период основных строительно-монтажных работ. Проект организации строительства и производства работ. Организация аварийно-восстановительных работ. Охрана труда при строительстве и техническом обслуживании. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды.</p> <p>Способы, технологические принципы прокладки ОКС на линиях и сетях связи железнодорожного транспорта : непосредственно в грунте, трубопроводе или кабельной канализации, подвеска диэлектрического ОКС на опорах контактной сети, воздушных линиях автоблокировки и связи.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> Курсовой проект.</p> <p><b>Лекция 9.</b> Строительство железнодорожных ВОЛС в пластмассовых трубопроводах и канализации. Типы полиэтиленовых трубопроводов. Преимущества прокладки кабелей в пластмассовых трубопроводах. Соединение строительных длин трубопроводов и проверка проходимости и герметичности магистрали. Способы прокладки оптических кабелей в трубопроводах и кабельной канализации. Расчет усилия тяжения при прокладке кабеля в телефонной канализации.</p> <p>Собственные, вносимые и суммарные потери при соединении многомодовых и одномодовых волокон. Отражения и потери: коэффициент отражения, френелевское отражение. Модовый шум в одномодовых и многомодовых оптических волокнах. Оптический разъемы и их конструктивные, оптические и механические характеристики. Типы соединителей, методы настройки и контроль оптических и механических параметров места соединения. Технология сращивания оптических волокон и контроль качества сварных соединений. Механическое соединение оптических волокон и типы механических соединителей.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> Курсовой проект.</p>	<p>ПК-1.3.11 ПК1.2.2, ПК 1.3.7</p> <p>ПК-1.3.11</p>
7	Раздел 7. Техническая эксплуатация линий связи	<p><b>Лекция 10.</b> Порядок проведения измерений в процессе эксплуатации. Методы и средства измерения оптических характеристик: оптической мощности, затухания и вносимых</p>	<p>ПК1.2.2, ПК 1.3.7</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>потерь, спектра оптического излучения и ширины спектральной линии. Измерение поляризационной модовой дисперсии. Измерение комбинационного рассеяния, обусловленного механическим воздействием на оптическое волокно. Приемо-сдаточные измерения, составление паспорта волоконно-оптической линии передачи информации. Методы измерений затухания оптическими тестерами. Рефлектометрические измерения параметров ВОЛС. Типы рефлектометров и их основные характеристики.</p> <p>Меры по обеспечению надежности ВОЛС. Техническое обслуживание стационарных оптических кабелей и оптических разъемных соединителей. Техническое обслуживание линейных оптических кабелей. Требования безопасности при эксплуатации ВОЛС.</p> <p>Стратегия восстановления ВОЛС. Организация работ по устройству временной связи на оптическом кабеле.</p> <p><b>Лабораторная работа 2</b> Изучение метода обратного рассеяния в оптических волокнах с помощью оптического рефлектометра.</p> <p><b>Лабораторная работа 3</b> Монтаж оптических волокон и элементов оптического тракта</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> Курсовой проект.</p>	<p>ПК 1.3.7</p> <p>ПК 1.3.7</p> <p>ПК-1.3.11</p>
8	Раздел 8. Элементы оптического тракта для работы систем со спектральным разделением каналов	<p><b>Лекция 11.</b> Компоненты оптического тракта систем DWDM и их характеристики: передатчики, приемники, аттенюаторы, коммутаторы, волновые разветвители, устройства компенсации дисперсии, оптические мультиплексоры ввода-вывода, оптические усилители, оптические волокна.</p> <p><b>Лекция 12.</b> Основные параметры DWDM контролируемые при эксплуатации: измерение потерь, отношение сигнал/шум, коэффициент усиления, перекрестные помехи, нелинейные эффекты, четырехволновое смешивание, поляризационно-модовая дисперсия, коэффициент ошибок.</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7
9	Раздел 9. Характеристики элементов и принципы построения пассивных оптических сетей	<p><b>Лекция 13.</b> Разновидности пассивных оптических сетей. Характеристики элементов пассивных оптических сетей. Оптические разветвители. Коэффициент деления оптических разветвителей. Потери в оптических разветвителях. Проектирование пассивных оптических сетей. Понятие сбалансированной сети. Особенности измерения пассивных оптических сетей.</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
10	Раздел 10. Оптические волокна для построения структурированных кабельных систем	<p><b>Лекция 14.</b> Принципы построения структурированных кабельных систем. Типы и характеристики волокон и оптических кабелей для оптической кабельной проводки. Схемы организации оптической кабельной проводки.</p> <p><b>Лекция 15.</b> Соединительное оборудование для оптической кабельной проводки. Измеряемые параметры и схемы измерения оптической кабельной проводки в структурированных кабельных системах.</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7
11	Раздел 11. Волоконно-оптические датчики	<p><b>Лекция 16.</b> Разновидности волоконно-оптических датчиков. Принципы работы оптических датчиков. Область использования волоконно-оптических датчиков на железнодорожном транспорте; повышение безопасности движения поездов, сокращение времени обработки грузовых составов, охрана помещений.</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Раздел 1. Области применения и принципы построения оптических сетей связи	<p><b>Лекция 1.</b> Основные этапы развития волоконно-оптических линий и сетей связи. Вклад ученых России в теорию и практику оптической связи. Области использования волоконно-оптических технологий и кабелей в различных сетях передачи информации на железнодорожном транспорте: магистральной, дорожной и отделенческой сетях связи, кабельного телевидения, передачи данных, автоматизации управления движением, а также локальных вычислительных сетях и сетях абонентского доступа. Этапы развития железнодорожных волоконно-оптических линий и сетей связи. Структурная схема передачи информации по оптической линии связи. Основные элементы ВОЛС.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> Взаимосвязь между характеристиками источников оптического излучения, оптическим волокном и приемниками оптического излучения. Схематическая структура некоммутируемой и коммутируемой волоконно-оптической сети. Стандарты Международного Союза Электросвязи и других международных организаций, касающиеся волоконно-оптических технологий при проектировании,</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7  ПК1.2.2, ПК-1.3.7, ПК-1.3.11

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		строительстве и эксплуатации ВОЛС.	
2	<p>Раздел 2. Конструкция и типы оптических волокон.</p> <p>Характеристики оптических волокон, определяющие их качество и долговечность</p>	<p><b>Лекция 1.</b> Конструкция оптических волокон. Сердцевина и отражающая оболочка. Первичное защитное покрытие и защитные оболочки оптических волокон. Типы оптических волокон. Разновидности многомодовых волокон и области их использования. Разновидности одномодовых волокон и области их использования. Профиль распределения показателя преломления, его воздействие на распространение света по оптическому волокну. Причины ограничения дальности и скорости передачи по оптическим волокнам.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> Среднеквадратическая длительность импульсов. Передаточные характеристики оптического волокна. Причины и оценка потерь в оптических волокнах. Поглощение и рассеяние. Затухание оптических волокон. Дисперсия импульсных сигналов. Модовая дисперсия. Дисперсия материала. Волноводная дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия.</p> <p>Курсовой проект.</p> <p><b>Лекция 2.</b> Характеристики передачи: коэффициент затухания, полоса пропускания, хроматическая дисперсия. Электрическая и оптическая полоса пропускания. Геометрические характеристики. Механические характеристики прочность и срок службы оптических волокон.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> Теоретическая и реальная прочность оптического волокна на разрыв. Испытание оптического волокна на прочность и расчет вероятности разрушения волокна. Срок службы оптического волокна. Статическая коррозия и динамическая коррозия. Климатические характеристики оптических волокон.</p> <p>Курсовой проект.</p>	<p>ПК1.2.2, ПК 1.3.7</p> <p>ПК-1.2.2, ПК-1.3.7, ПК-1.3.11</p> <p>ПК1.2.2, ПК 1.3.7</p> <p>ПК 1.2.2, ПК-1.3.7, ПК-1.3.11</p>
3	<p>Раздел 3.</p> <p>Распространение света в ступенчатых и градиентных оптических волокнах</p>	<p><b>Самостоятельная работа.</b> Два подхода к объяснению процесса распространения света в оптических волокнах. Лучевой подход. Электромагнитный подход. Основные законы геометрической оптики. Полное внутреннее отражение плоской волны на границе раздела двух сред. Закон Снеллиуса. Волновые процессы на границе раздела двух</p>	<p>ПК1.2.2, ПК 1.3.7</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		диэлектрических сред. Распространение света в ступенчатых оптических волокнах. Входная угловая и числовая апертура световода. Распространение света по градиентному оптическому волокну. Локальная и эффективная числовая апертура. Распространения волноводных мод в идеальном оптическом волокне двухслойной конструкции без потерь. Число распространяющихся мод. Условия одномодового режима работы.	
4	Раздел 4. Оптоэлектронные и пассивные элементы волоконно-оптических направляющих систем, линий и сетей связи	<b>Самостоятельная работа.</b> Источники оптического излучения: светоизлучающие диоды и полупроводниковые лазеры. Оптические и электрические характеристики полупроводниковых лазеров: лазерные моды, спектральные характеристики, ваттамперные и вольтамперные характеристики, частотные характеристики. Приемники оптического излучения: pin – фотодиоды и лавинные фотодиоды. Импульсные и частотные характеристики приемников оптического излучения. Шумы фотоприемников. Волоконно-оптические усилители. Пассивные элементы: оптические муфты и кроссы, оптические вилки и розетки, адаптеры обнаженного волокна, аттенюаторы, направленные ответвители, оптические фильтры.	ПК1.2.2, ПК 1.3.7
5	Раздел 5. Конструкции и характеристики оптических кабелей	<b>Лекция 3.</b> Конструкции и характеристики оптических кабелей. Общие требования к оптическим кабелям. Элементы конструкций оптических кабелей. Сердечник кабеля. Упрочняющие элементы. Оболочка кабеля. Механические характеристики оптических кабелей связи. Методы испытаний стойкости оптического кабеля к воздействию различных нагрузок. Отечественные оптические кабели для железнодорожных сетей связи и сетей связи общего пользования. Самонесущий кабель для подвески на опорах контактной сети.	ПК1.2.2, ПК 1.3.7
6	Раздел 6. Проектирование и строительство волоконно-оптических линий связи	<b>Лекция 4.</b> Техничко-экономическое обоснование варианта строительства ВОЛС. Выбор топологии линии передачи информации и расчет надежности ее работы. Выбор типа оптических волокон и конструкции оптического кабеля. Выбор трассы и способа прокладки ОКС. Расчет длины регенерационного участка. Вводы кабеля в помещения и монтаж оконечных устройств. Календарный план строительства и потребности в рабочей силе:	ПК1.2.2, ПК 1.3.7 ПК-1.3.11

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>подготовительный период, период основных строительно-монтажных работ. Проект организации строительства и производства работ. Организация аварийно-восстановительных работ. Охрана труда при строительстве и техническом обслуживании. Противопожарные мероприятия. Охрана окружающей среды.</p> <p>Способы, технологические принципы прокладки ОКС на линиях и сетях связи железнодорожного транспорта : непосредственно в грунте, трубопроводе или кабельной канализации, подвеска электрического ОКС на опорах контактной сети, воздушных линиях автоблокировки и связи.</p> <p>Строительство железнодорожных ВОЛС в пластмассовых трубопроводах и канализации. Типы полиэтиленовых трубопроводов. Преимущества прокладки кабелей в пластмассовых трубопроводах. Соединение строительных длин трубопроводов и проверка проходимости и герметичности магистрали. Способы прокладки оптических кабелей в трубопроводах и кабельной канализации. Расчет усилия тяжения при прокладке кабеля в телефонной канализации.</p> <p>Собственные, вносимые и суммарные потери при соединении многомодовых и одномодовых волокон. Отражения и потери: коэффициент отражения, френелевское отражение. Модовый шум в одномодовых и многомодовых оптических волокнах. Оптический разъемы и их конструктивные, оптические и механические характеристики. Типы соединителей, методы настройки и контроль оптических и механических параметров места соединения. Технология сращивания оптических волокон и контроль качества сварных соединений. Механическое соединение оптических волокон и типы механических соединителей.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> Курсовой проект.</p>	ПК-1.3.11
7	Раздел 7. Техническая эксплуатация линий связи	<p><b>Самостоятельная работа.</b> Порядок проведения измерений в процессе эксплуатации. Методы и средства измерения оптических характеристик: оптической мощности, затухания и вносимых потерь, спектра оптического излучения и ширины спектральной линии. Измерение поляризационной модовой дисперсии. Измерение комбинационного рассеяния,</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7 ПК-1.3.11

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>обусловленного механическим воздействием на оптическое волокно. Приемно-сдаточные измерения, составление паспорта волоконно-оптической линии передачи информации. Методы измерений затухания оптическими тестерами. Рефлектометрические измерения параметров ВОЛС. Типы рефлектометров и их основные характеристики.</p> <p>Меры по обеспечению надежности ВОЛС. Техническое обслуживание стационарных оптических кабелей и оптических разъемных соединителей. Техническое обслуживание линейных оптических кабелей. Требования безопасности при эксплуатации ВОЛС.</p> <p>Стратегия восстановления ВОЛС. Организация работ по устройству временной связи на оптическом кабеле. Курсовой проект.</p> <p><b>Лабораторная работа 2</b> Изучение метода обратного рассеяния в оптических волокнах с помощью оптического рефлектометра.</p>	ПК 1.3.7
8	Раздел 8. Элементы оптического тракта для работы систем со спектральным разделением каналов	<p><b>Самостоятельная работа.</b> Компоненты оптического тракта систем DWDM и их характеристики: передатчики, приемники, аттенюаторы, коммутаторы, волновые разветвители, устройства компенсации дисперсии, оптические мультиплексоры ввода-вывода, оптические усилители, оптические волокна.</p> <p>Основные параметры DWDM контролируемые при эксплуатации: измерение потерь, отношение сигнал/шум, коэффициент усиления, перекрестные помехи, нелинейные эффекты, четырехволновое смешивание, поляризационно-модовая дисперсия, коэффициент ошибок.</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7
9	Раздел 9. Характеристики элементов и принципы построения пассивных оптических сетей	<p><b>Самостоятельная работа.</b> Разновидности пассивных оптических сетей. Характеристики элементов пассивных оптических сетей. Оптические разветвители. Коэффициент деления оптических разветвителей. Потери в оптических разветвителях. Проектирование пассивных оптических сетей. Понятие сбалансированной сети. Особенности измерения пассивных оптических сетей.</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7
10	Раздел 10. Оптические волокна для построения структурированных кабельных систем	<p><b>Самостоятельная работа.</b> Принципы построения структурированных кабельных систем. Типы и характеристики волокон и оптических кабелей для оптической кабельной проводки. Схемы организации оптической кабельной проводки.</p>	ПК1.2.2, ПК 1.3.7

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Соединительное оборудование для оптической кабельной проводки. Измеряемые параметры и схемы измерения оптической кабельной проводки в структурированных кабельных системах.	
11	Раздел 11. Волоконно-оптические датчики	<b>Самостоятельная работа.</b> Разновидности волоконно-оптических датчиков. Принципы работы оптических датчиков. Область использования волоконно-оптических датчиков на железнодорожном транспорте; повышение безопасности движения поездов, сокращение времени обработки грузовых составов, охрана помещений.	ПК1.2.2, ПК 1.3.7

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	2	3	4	5	6	7
1	Области применения и принципы построения оптических сетей связи	2				2
2	Конструкция и типы оптических волокон. Характеристики оптических волокон, определяющие их качество и долговечность	4		6	24	34
3	Распространение света в ступенчатых и градиентных оптических волокнах	2				2
4	Оптоэлектронные и пассивные элементы волоконно-оптических направляющих систем, линий и сетей связи	2				2
5	Конструкции и характеристики оптических кабелей	4				4
6	Проектирование и строительство волоконно-оптических линий связи	4			24	28
7	Техническая эксплуатация линий связи	2		10	12	24
8	Элементы оптического тракта для работы систем со спектральным разделением каналов	4				4
9	Характеристики элементов и принципы построения пассивных оптических сетей	2				2
10	Оптические волокна для построения структурированных кабельных систем	4				4
11	Волоконно-оптические датчики	2				2
3	<b>Итого</b>	32		16		108

<b>Контроль</b>	36
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>	144

Для заочной формы обучения:

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Л</b>	<b>ПЗ</b>	<b>ЛР</b>	<b>СРС</b>	<b>Всего</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1	Области применения и принципы построения оптических сетей связи	1,5			2	3,5
2	Конструкция и типы оптических волокон. Характеристики оптических волокон, определяющие их качество и долговечность	2,5			30	32,5
3	Распространение света в ступенчатых и градиентных оптических волокнах				4	4
4	Оптоэлектронные и пассивные элементы волоконно-оптических направляющих систем, линий и сетей связи				6	6
5	Конструкции и характеристики оптических кабелей	2			4	6
6	Проектирование и строительство волоконно-оптических линий связи	2			30	32
7	Техническая эксплуатация линий связи			4	29	33
8	Элементы оптического тракта для работы систем со спектральным разделением каналов				4	4
9	Характеристики элементов и принципы построения пассивных оптических сетей				4	4
10	Оптические волокна для построения структурированных кабельных систем				6	6
11	Волоконно-оптические датчики				4	4
3	<b>Итого</b>	8		4	123	135
					<b>Контроль</b>	9
					<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>	144

## **6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все

разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

## **8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине**

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата/специалитета/магистратуры, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория кафедры «*Линии связи*» оборудованная следующими приборами/специальной техникой/установками используемыми в учебном процессе:

- рефлектометр FTB-400;
- сварочный аппарат Fujicura BTR-08;
- сварочный аппарат FSU 975;
- скалыватель для оптического волокна;
- микроскопы (x200, x400);
- портативный измеритель мощности FOD-1204;
- виртуальные лабораторные установки;
- измерение вносимых затуханий в оптический кабель;
- изучение приёмников и источников оптического излучения для волоконно-оптических систем;
- прохождение оптических импульсов по одномодовым волоконным световодам;
- прохождение оптических импульсов по многомодовым волоконным световодам.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

Операционная система Windows;

- Adobe Acrobat Reader DC (бесплатное, свободно распространяемое программное обеспечение; режим доступа <https://get.adobe.com/ru/reader/>).
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

– Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;

- Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](https://ibooks.ru/) («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная библиотека ЮРАЙТ. – URL: <https://urait.ru/>— Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. – URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

- Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных и электронных изданий, используемых в образовательном процессе:

Перечень основной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Скляр, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 268 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/76830>
2. Фокин, В.Г. Когерентные оптические сети. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 440 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/75523>

Перечень дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Волоконно-оптические кабели и пассивные компоненты ВОЛП [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки "Системы обеспечения движения поездов" ВПО / Е. З. Савин. - Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012. - 222 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование) (Транспортные средства) (Системы обеспечения движения поездов). - Библиогр.: с. 218-219. - ISBN 978-5-9994-0093-2 : 413 р.
2. Богданов, А.В. Волоконные технологические лазеры и их применение. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Богданов, Ю.В. Голубенко. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 208 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72971>
3. Ишанин, Г.Г. Приемники оптического излучения. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.Г. Ишанин, В.П. Челибанов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 304 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/53675>
4. Киселев, Г.Л. Квантовая и оптическая электроника. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 316 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91904>

Перечень нормативно-правовой документации, необходимой для освоения дисциплины

1. Федеральный закон от 07.07.2003 №126-ФЗ (ред. от 06.06.2019) «О связи» (с изм. и доп., вступ. в силу 01.11.2019)
2. МС РФ Приказ от 10 августа 1996 г. N 92 «Об утверждении норм на электрические параметры основных цифровых каналов и трактов магистральной и внутризональных первичных сетей ВСС России. (с изм., внесенными Приказом Гостелекома РФ от 28.09.1999 N 48)

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

1. Канаев А.К., Кренев В.В. Разъемные и неразъемные соединения оптических волокон // Метод. указания. – СПб.: ПГУПС, 2014. – 18 с.;
2. Виноградов В.В., Канаев А.К. Активные и пассивные элементы волоконно-оптических линий связи // Метод. указания. – СПб.: ПГУПС, 2009. – 27 с.;
3. Виноградов В.В., Канаев А.К. Измерение ВОЛС методом обратного рассеяния с использованием OTDR // Метод. указания. – СПб.: ПГУПС, 2004. – 17 с.;
4. Канаев А.К., Сахарова М.А. Прохождение оптических импульсов по одномодовым оптическим волокнам // Метод. указания. – СПб.: Электронный вариант, 2014. – 16 с.
5. Канаев А.К., Измерения оптических трактов в проходящем свете // Метод. указания. – СПб.: Электронный вариант, 2014. – 14 с.
6. Виноградов В.В., Канаев А.К. Исследование характеристик источников и приемников излучения // Метод. указания. – СПб.: Электронный вариант, 2014. – 26 с.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

– Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdo.pgups.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей;

– Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.economy.gov.ru> — Режим доступа: свободный;

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – URL: <http://docs.cntd.ru/> — Режим доступа: свободный. <http://e.lanbook.com>.
2. <http://ibooks.ru/>
3. Официальный сайт информационной сети журнала «Автоматика, связь, информатика» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.asi-rzd.ru/>, свободный;
4. Официальный сайт информационной сети журнала «Вестник связи» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.vestnik-sviazy.ru/>, свободный;
5. Официальный сайт информационной сети журнала «Кабели и провода» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.kp-info.ru/>, свободный.

Разработчик рабочей программы, профессор  
24 декабря 2024 г.

*А.К. Канаев*