

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»

Физико-технический институт
Физико-математический факультет

Кафедра фундаментальной физики, электроники и систем связи

УТВЕРЖДАЮ
Директор физико-технического института
Д.Н. Калошин
(подпись, расшифровка подписи)
“ 20 ” 03 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине

Б1.В.04 «Метрология в оптических телекоммуникационных системах»
на 2023/2024 учебный год

Направление подготовки:
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Профиль подготовки
Оптические системы и сети связи

квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения:
очная

ГОД НАБОРА 2020

Тирасполь 2023

Рабочая программа дисциплины «Метрология в оптических телекоммуникационных системах» разработана в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта ВО по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и основной профессиональной образовательной программы 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи профиль подготовки «Оптические системы и сети связи».

Составитель рабочей программы
профессор, д.ф.-м.н.

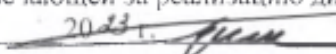

(подпись)

Стамов И.Г.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики, электроники и систем связи

« 31 » 08 2023 г. протокол № 1

Зав. кафедрой, отвечающей за реализацию дисциплины

« 31 » 08 2023 г.  Берил С.И.

Зав. выпускающей кафедрой

« 31 » 08 2023 г.  Берил С.И.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины является подготовка будущего специалиста к практической деятельности в области метрологического обеспечения современных оптических телекоммуникационных систем и эффективного использования основ стандартизации и сертификации.

Задачами курса являются: изучение современных методов и средств измерения параметров и характеристик оптических телекоммуникационных систем и сетей передачи информации, способов обработки результатов измерений,

изучение системы обеспечения единства измерений, основ стандартизации и сертификации в оптических телекоммуникационных системах;

изучение студентами устройства и принципов работы и особенностей эксплуатации контрольно - измерительной аппаратуры,

формирование у студентов практических навыков работы с измерительными приборами и системами на их основе, применяемыми в области ВОСП.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Данная дисциплина относится к вариативной части цикла Б1. Уровень изучения по трудоемкости дисциплины (72 часов).

Внедрение высоких технологий предполагает основательное знакомство, как с классическими, так и с новейшими методами и средствами метрологического обеспечения телекоммуникационных систем. При этом бакалавр данного направления должен получить не только знания по предмету, но и навыки их дальнейшего пополнения, научиться пользоваться информационными источниками, в том числе нормативной документацией.

Дисциплина «Метрология в оптических телекоммуникационных системах» предназначена для обучения студентов основам метрологии оптических телекоммуникационных систем, работе с измерительными приборами и системами, а также ознакомления с историей и перспективами развития этой науки.

Дисциплина «Метрология в оптических телекоммуникационных системах» закладывает фундамент последующего обучения в магистратуре и аспирантуре. Она даёт цельное представление о возможностях современной метрологии, в том числе квантовой метрологии, для решения задач телекоммуникаций, вооружает бакалавров необходимыми знаниями для решения научно-технических задач.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС – 3++ для данного направления подготовки:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Категория компетенции	Код и наименование	Код и наименование индикатора достижения
Обязательные профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения		
	ПК-4 Способен осуществлять мониторинг состояния и проверку качества работы, проведение измерений и диагностику ошибок и отказов телекоммуникационного оборудования, сетевых	ИД-1ПК-4 Знает методику и средства измерений, используемые для контроля качества работы оборудования, трактов и каналов передачи, программное обеспечение оборудования, документацию по системам качества работы предприятий связи ИД-2ПК-4 Умеет анализировать результаты и устанавливать соответствие параметров работы

	устройств, программного обеспечения инфокоммуникаций	оборудования действующим отраслевым нормативам ИД-3ПК-4 Владеет навыками инструментальных измерений, используемых в области телекоммуникаций, и оценки их соответствия техническим нормам и параметрам оборудования и каналов передачи установленным эксплуатационно-техническим нормам, ведение документации по результатам измерений
	ПК-13 Способен осуществлять монтаж, настройку, регулировку тестирование оборудования, отработку режимов работы, контроль проектных параметров работы и испытания оборудования связи обеспечение соответствия технических параметров инфокоммуникационных систем и /или их составляющих, установленным эксплуатационно-техническим нормам	ИД-1ПК-13 Знает действующие отраслевые нормативы, определяющие требования к параметрам работы оборудования, каналов и трактов ИД-2ПК-13 Знает методики проведения проверки технического состояния оборудования, трактов и каналов передачи ИД-3ПК-13 Умеет вести техническую, оперативно-техническую и технологическую документацию по установленным формам; осуществлять проверку качества работы оборудования и средств связи ИД-4ПК-13 Владеет навыками тестирования оборудования и отработки режимов работы оборудования ИД-5ПК-13 Владеет навыками выбора и использования соответствующего тестового и измерительного оборудования, использования программного обеспечения оборудования при его настройке
	ПК-15 Способен к администрированию процесса оценки производительности и контроля использования и производительности сетевых устройств, программного обеспечения информационно-коммуникационной системы	ИД-1ПК-15 Знает архитектуру, общие принципы функционирования сетевых устройств и программного обеспечения администрируемой информационно-коммуникационной системы, протоколы всех модели взаимодействия открытых систем ИД-2ПК-15 Знает метрики производительности администрируемой сети, модель ISO для управления сетевым трафиком, модели IEEE ИД-3ПК-15 Умеет пользоваться нормативно-технической документацией в области инфокоммуникационных технологий, использовать современные методы контроля производительности инфокоммуникационных систем ИД-4ПК-15 Умеет работать с контрольно-измерительными аппаратными и программными обеспечением; конфигурировать операционные системы сетевых устройств информационно-коммуникационной системы ИД-5ПК-15 Владеет методами оценки требуемой производительности сетевых устройств и программного обеспечения администрируемой сети

		ИД-6_{ПК-15} Владеет навыками установки кабельных и сетевых анализаторов для контроля изменения номиналов сетевых устройств и программного обеспечения администрируемой сети в целом и отдельных подсистем инфокоммуникационной системы ИД-7_{ПК-15} Владеет навыками установки дополнительных программных продуктов для тарификации сетевых ресурсов и параметризации дополнительных программных продуктов для тарификации сетевых ресурсов
	ПК-17 Способен к проведению регламентных работ на сетевых устройствах и программном обеспечении инфокоммуникационной системы	ИД-1_{ПК-17} Знает общие принципы функционирования аппаратных, программных и программно-аппаратных средств администрируемой сети ИД-2_{ПК-17} Знает архитектуру аппаратных, программных и программно-аппаратных средств администрируемой сети; различных протоколов уровней модели взаимодействия открытых систем ИД-3_{ПК-17} Умеет устанавливать операционные системы сетевых устройств; осуществлять мониторинг администрируемых сетевых устройств, составлять расписание резервного копирования операционных систем сетевых устройств, разбирать и собирать администрируемые сетевые устройства ИД-4_{ПК-17} Умеет использовать современные средства контроля производительности администрируемой сети; пользоваться нормативно-технической документацией в области инфокоммуникационных технологий ИД-5_{ПК-17} Владеет навыками планирования расписания и архивирования параметров операционных систем сетевых устройств ИД-6_{ПК-17} Владеет навыками перезагрузки операционных систем сетевых устройств, регламентного обслуживания оборудования в соответствии с рекомендациями производителя

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости в з.е./часах по видам аудиторной и самостоятельной работы студентов по семестрам:

работы студентов по семестрам.							
Семестр	Количество часов						Форма итог. контроля
	Трудо емкость, з.е. / часы	В том числе					
		Аудиторных				Сам. работа	
		Всего	Лекций	Лаб. раб.	Практ. занятия		
8	2/72	48	22	44	-	6	зачет
Итого:	2/72	48	22	44	-	6	зачет

4.2. Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

№ раз- дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеауд. работа (СР)
			Л	П З	ЛР	
1.	Основные методы и средства измерений параметров аппаратуры систем передачи.	26	8	-	16	2
2.	Основные методы и средства измерения параметров и характеристик трактов цифровых телекоммуникационных систем.	26	8	-	16	2
3.	Контроль ВОЛС	20	6	-	12	2
Итого:		72	22	-	44	6

4.3. Тематический план по видам учебной деятельности

Лекции

№ п/ п	Номер раздела дисциплины	Объем часов	Тема лекции	Учебно- наглядные пособия
Основные методы и средства измерений параметров аппаратуры систем передачи.				
1	1	0.5	Введение. Предмет и задачи курса. Исторические сведения по развитию метрологии телекоммуникационных систем. Параметры, измеряемые в оптических телекоммуникационных системах.	
2	1	0.5	Основные понятия и определения системы метрологического контроля в оптических телекоммуникациях. Виды измерений систем передачи оптических сигналов. Особенности измерения параметров многомодовых и одномодовых волокон.	Слайды,
3	1	1	Методы измерения абсолютной оптической мощности. Основные технические и метрологические характеристики оптических ваттметров и тестеров. Требования, предъявляемые к источникам и приемникам излучения.	Слайды
4	1	1	Методы измерения затухания оптических волокон: метод обламывания, метод вносимых потерь. Источники погрешностей при измерении потерь. Методы измерения числовых апертур оптических волокон.	
5	1	1	Методы измерения спектральных характеристик. Технические и	Слайды,

			метрологические характеристики анализаторов на основе интерферометра Фабри-Перо. Анализаторы спектра на основе дифракционных решеток.	
6	1	2	Методы измерения дисперсии оптических волокон. Методы измерения межмодовой дисперсии во временной и частотной областях. Методы измерения хроматической дисперсии: метод сдвига фаз, метод дифференциального сдвига фаз.	Слайды,
7	1	2	Измерение поляризационной модовой дисперсии, методом сканирования длины волны. Измерение длины волны отсечки методами передаваемой мощности.	Слайды,
Итого по разделу часов		8		
Основные методы и средства измерения параметров и характеристик трактов цифровых телекоммуникационных систем.				
8	2	2	Дрейф и дрожание фазы. Методы измерения фазового дрожания. Измерение фазового дрожания осциллографом.	Слайды, пакеты программ
9	2	2	Нормы на параметры ошибок цифровых систем передачи. Критерии оценки качества передачи в высокоскоростных системах. передачи информации. Измерители коэффициентов ошибок в системах оптического диапазона. Методы, основанные на анализе характеристик цифрового сигнала	Слайды,
10	2	4	Измерение и анализ спектральных характеристик в высокоскоростных цифровых линиях связи.	Слайды,
Итого по разделу часов		8		
Контроль ВОЛС				
12	3	4	Оптические рефлектометры, принципы работы, устройство, технические и метрологические характеристики Рефлектометрические измерения параметров оптических систем передачи сигналов. Погрешности измерений. (СИТ)	Учебные плакаты, приборы
13	3	1	Системы удаленного контроля оптических кабелей. Организация измерений с закрытием и без закрытия связи.	Плакаты, приборы
14	3	1	Поверка средств измерений оптического диапазона. Рабочие эталоны, используемые при поверке средств измерений оптического диапазона. Общие характеристики эталонов.	Учебные плакаты, приборы
Итого по разделу часов		6		
Итого по курсу		22		

Лабораторные работы

№ п/ п	Номер раздела дисциплины	Объем часов	Тема лабораторного занятия	Наименование лабораторий	Учебно-наглядные пособия
1	1	6	Определение потерь в соединениях с помощью оптического тестера	Лаборатория «Оптических измерений»	Рабочая установка по соответствующей теме.
2	1	6	Изучение метрологических характеристик оптических анализаторов спектра.	Лаборатория «Оптических измерений»	Рабочая установка по соответствующей теме.
3	1	4	Измерение частотных параметров каналов WDM с помощью анализатора оптического спектра	Лаборатория «Оптических измерений»	Рабочая установка по соответствующей теме.
4	2	6	Изучение принципов работы рефлектометра P5-15 и определение характеристик кабеля	Лаборатория «Оптических измерений»	Рабочая установка по соответствующей теме.
5	2	6			
6	2	4	Определение показателей качества цифровой оптической системы передачи по глаз-диаграммам.	Лаборатория «Оптических измерений»	Рабочая установка по соответствующей теме.
7	3	6	Определение параметров оптических волокон по рефлектограммам обратного рассеяния света.	Лаборатория «Оптических измерений»	Рабочая установка по соответствующей теме.
8	3	6	Моделирование и оценка основных характеристик цифровых оптических трактов в программе OptiPerformer	Лаборатория «Оптических измерений»	Рабочая установка по соответствующей теме.
Итого по разделу часов		44			

Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Тема и вид СРС	Трудоемкость (в часах)
Основные методы и средства измерений параметров аппаратуры систем передачи.			
Раздел 1	1	Введение. Предмет и задачи курса. Исторические сведения по развитию метрологии телекоммуникационных систем. Параметры, измеряемые в оптических телекоммуникационных системах. Особенности измерения параметров многомодовых и одномодовых волокон. (СИТ)	0.2
	2	Основные понятия и определения системы метрологического контроля в оптических телекоммуникациях. Виды измерений систем передачи оптических сигналов. (СИТ)	0.2
	3	Методы измерения абсолютной оптической мощности. Измерение малоинтенсивного излучения устройствами на основе фотодиодов. Факторы, влияющие на точность измерения и принципы построения измерителей абсолютной мощности оптического излучения. Основные технические и метрологические характеристики оптических ваттметров. (СИТ)	0.2
	4	Методы измерения затухания оптических волокон: метод обламывания, метод вносимых потерь. Источники погрешностей при измерении потерь. Способы достижения равновесного распределения оптических мод в волокне. (СИТ)	0.2
	5	Особенности ввода оптического излучения в оптическое волокно. Апертурный угол. Согласование числовых апертур. Методы измерения числовых апертур оптических волокон. (СИТ)	0.2
	6	Измерение длины волны отсечки методами передаваемой мощности. Измерение диаметра модового поля методами ближнего поля и методом поперечного смещения. (СИТ)	0.5
	7	Виды дисперсии оптических волокон. Методы измерения межмодовой дисперсии во временной и частотной областях. Методы измерения хроматической дисперсии: метод сдвига фаз, метод дифференциального сдвига фаз. Измерение поляризационной модовой дисперсии методом сканирования длины волны. (СИТ)	0.5
Итого по разделу часов			2
Основные методы и средства измерения параметров и характеристик трактов цифровых			

телекоммуникационных систем.			
Раздел 2	8	Нормы на параметры ошибок цифровых систем передачи. Критерии оценки качества передачи в высокоскоростных системах передачи информации. Измерители коэффициентов ошибок в системах оптического диапазона. Методы, основанные на анализе характеристик цифрового сигнала. (СИТ)	0.5
	9	Дрейф и дрожание фазы. Измерение фазового дрожания осциллографом. Измерение фазового дрожания фазовым детектором. (СИТ)	0.5
	10	Анализ оптического спектра. Интерферометр Фабри-Перо. Технические и метрологические характеристики анализаторов на основе интерферометра Фабри-Перо. Анализаторы спектра на основе дифракционных решеток. Основные технические и метрологические характеристики спектрометров на дифракционных решетках. Методы калибровки монохроматоров по длине волны. (СИТ)	0.5
	11	Измерение спектральных характеристик в высокоскоростных цифровых линиях связи. (СИТ)	0.5
Итого по разделу часов			2
Контроль ВОЛС			
Раздел 3	12	Оптические рефлектометры, принципы работы, устройство, технические и метрологические характеристики. Рефлектометрические измерения параметров оптических систем передачи сигналов. Погрешности измерений. (СИТ)	1
	13	Системы удаленного контроля оптических кабелей. Организация измерений с закрытием и без закрытия связи. (СИТ)	0.5
	14	Поверка средств измерений оптического диапазона. Рабочие эталоны, используемые при поверке средств измерений оптического диапазона. Общие характеристики эталонов. (СИТ)	0.5
Итого по разделу часов			2
Итого по курсу			6

5. **Примерная тематика курсовых проектов (работ):** Курсовые работы по данной дисциплине не запланированы.

6. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

6.1. **Обеспеченность обучающихся учебниками, учебными пособиями**

№ п/п	Наименование учебника, уч. пособия	Автор	Год издания	Кол -во экз.	Эл. версии	Место размещения эл. версии
	Основная литература					

1	Метрологическое обеспечение и техническая эксплуатация телекоммуникационных систем (конспект лекций), http://www.studmed.ru/gorlov-ni-metrologicheskoe-obespechenie-i-tehnicheskaya-ekspluataciya-telekommunikacionnyh-sistem_86cda5af115.html .	Н.И.Горлов	2009	1	+	кафедра
2	Метрология и измерения в телекоммуникационных системах (Том 1, Том 2). ИРИАС.	Хромой Б.П.	2007	1	+	кафедра
3	Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. Учебное пособие для вузов / Под общей редакцией Б. Н. Тихонова. 3-е изд., перераб. и доп.. - 398 стр.	Тихонов Б. Н. , Ходжаев И. А.	2017	2	+	кафедра
4	Рефлектометрия оптических волокон. М.: ЛЕСАРпт.	Листвин А.В., Листвин В.Н.	2005	1	+	кафедра
	Дополнительная литература					
1	Методы и средства измерения в волоконно-оптических линиях связи. – Томск: ТУСУР.	А.Е.Мандель.	2006	1	+	кафедра
2	Измерения в волоконно-оптических системах передачи: учеб. пособие для вузов ж. д. трансп./ В. Е. Митрохин. - М.: ГОУ УМЦ ЖДТ.	В.Е. Митрохин	2007	1	+	кафедра
3	Измерения параметров волоконно-оптических трактов. Сакт-Петербург, Изд. С-Пб. ГУТ им. М.А.Бонч-Бруевича.	М.С.Былина и др.	2007	1	+	кафедра
4	Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах, http://lsits.psuti.ru/materials.html	А.В. Бурдин.	2010	1	+	кафедра
	Методические указания и материалы по видам занятий					
1	Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Метрология в	Былина М.С., Глаголев С.Ф.	2007	1	+	кафедра

оптических телекоммуникационных системах" для студентов вузов, обучающихся по специальности 240401 "Физика и техника оптической связи". ГОУВПО СПбГУТ. СПб.					
Итого по дисциплине: 100 % печатных изданий 100 % электронных					

6.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы: электронная библиотека, видеолекции.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование технического средства	Количество
<i>Лабораторные стенды для изучения метрологических характеристик телекоммуникационной аппаратуры аппаратуры и средств измерений</i>	
Вольтметры постоянного и переменного тока (ВЗ-38 и др.)	12
Осциллографы двух и одноканальные	6
Частотомеры	3
Измерительные генераторы (ГЗ-112, ГЗ-118 и др.)	12
Мост переменного тока (Е-4-8, Е7-4 и др.)	4
Стенд для сборки и измерения электро- и радиотехнических цепей (К4826)	6
Монохроматоры (МДР -23, МДР-41, МР учебный) с оборудованием регистрации оптических сигналов, получения, обработки и хранения информации	3
Источники излучения, фотоприемники и оптические элементы	48
Рефлектометр Р5-15	1

8. Методические рекомендации по освоению дисциплины

Курс «Метрология в оптических телекоммуникационных системах» создает базу для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин, закладывает фундамент последующего обучения в магистратуре, аспирантуре. Он даёт цельное представление о метрологии, стандартизации и сертификации на предприятиях телекоммуникаций, вооружает бакалавров необходимыми знаниями для решения научно-технических и социальных задач в практической деятельности специалиста.

Приступая к изучению дисциплины «Метрология в оптических телекоммуникационных системах», студент должен знать физику и математику, в пределах программы предусмотренной стандартом, а также дисциплину «основы электроники».

Рекомендуется для лучшего усвоения понятий и определений дисциплины заводить физический словарь, изучать дополнительную литературу, делать своевременно домашние задания.

При самостоятельном изучении предлагаемых тем рекомендуется подготовить мультимедийную презентацию или конспект темы (с последующей защитой).

До выполнения этапа лабораторного практикума необходимо изучить краткую теоретическую справку к лабораторной работе и необходимую литературу, которая указана в конце каждой лабораторной работы, ознакомиться с лабораторным стендом, комплектующим его оборудованием и инструкциями к приборам.

При решении индивидуальных задач, предусмотренных теоретической частью программы курса, рекомендуется:

1. Внимательно прочитать задачу, вникнуть в ее смысл. Представить себе физическое явление, о котором идет речь.
2. Если позволяет характер задачи, обязательно необходимо сделать рисунок, поясняющий содержание и решение задачи.
3. Решив задачу в общем виде, проверить размерность.
4. Прежде чем делать числовые расчеты, перевести все данные величины в СИ.
5. Получив числовой ответ, оценить его правдоподобность.

В процессе освоения дисциплины необходимо регулярно обращаться к списку рекомендованной (основной и дополнительной) литературы.

9. Технологическая карта дисциплины

Курс **IV(четвертый)** группа **ФМ20ДР62ФТ1 (411)** семестр **8**

Преподаватель – лектор **профессор Стамов И.Г.**

Преподаватель, ведущий лабораторные занятия – **профессор Стамов И.Г.**

Кафедра **ФФЭиСС**

Семестр	Количество часов						Форма итог. контроля
	Трудо емкость, з.е. / часы	В том числе					
		Аудиторных				Сам. работа	
		Всего	Лекций	Лаб. раб.	Практ. занятия		
8	2/72	48	22	44	-	6	зачет
Итого:	2/72	48	22	44	-	6	зачет

Форма текущей аттестации	Расшифровка	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
Посещение лекционных занятий	<i>Рассчитывается согласно приложению 4</i>	0	10
Тест по разделам «Основные методы и средства измерений параметров аппаратуры систем передачи»		0	8
Тест по разделу «Основные методы и средства измерения параметров и характеристик трактов цифровых телекоммуникационных систем»		0	8
Тест по разделу «Контроль ВОЛС»		0	8
Отчеты по лабораторным работам	За каждую лабораторную работу 6 балла	0	36

Итого количество баллов по текущей аттестации		45	70
Промежуточная аттестация		10	30
Итого по дисциплине		55	100