

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)

Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ
директор УрТИСИ СибГУТИ

Минина Е.А.
«27» 12 2024 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.ДВ.02.01 Гибкие оптические сети

Направление подготовки / специальность: **11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Сети, системы и устройства телекоммуникаций**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2025

Разработчик (-и):

к.т.н., доцент

/ Д.В. Кусайкин

подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании многоканальной электрической связи (МЭС)

Протокол от 29.11.2024 №4

Заведующий кафедрой / Е.И. Гниломедов

подпись

Екатеринбург, 2024

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(СибГУТИ)
Уральский технический институт связи и информатики (филиал) в г. Екатеринбурге
(УрТИСИ СибГУТИ)

УТВЕРЖДАЮ
директор УрТИСИ СибГУТИ
_____ Минина Е.А.
« ____ » _____ 2024 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.ДВ.02.01 Гибкие оптические сети

Направление подготовки / специальность: **11.04.02 «Инфокоммуникационные
технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Сети, системы и устройства
телекоммуникаций**

Форма обучения: **очная, заочная**

Год набора: 2025

Разработчик (-и):
к.т.н., доцент

_____ /Д.В. Кусайкин /
подпись

Оценочные средства обсуждены и утверждены на заседании многоканальной электрической
связи (МЭС)

Протокол от 29.11.2024 г. № 4

Заведующий кафедрой _____ /Е.И. Гниломедов/
подпись

Екатеринбург, 2024

1. Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Этап	Предшествующие этапы (с указанием дисциплин/практик)
ПК-1 Способен к устранению сбоев и отказов сетевых устройств	ПК-1.1 Выявляет отказы и сбои сетевых устройств, имеет представление об устранении последствий сбоев сетевых устройств	1	

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – зачет, экзамен

2. Показатели, критерии и шкалы оценивания компетенций

2.1 Показателем оценивания компетенций на этапе их формирования при изучении дисциплины является уровень их освоения.

Индикатор освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
ПК-1.1 Выявляет отказы и сбои сетевых устройств, имеет представление об устранении последствий сбоев сетевых устройств	Знает - критерии оценки технических характеристик телекоммуникационных устройств - принципы построения аппаратуры гибких оптических линий связи, их характеристики; - разновидности оптических усилителей, принцип их работы, характеристики - методику выявления отказов и сбоев устройств, гибких оптических линий связи Умеет - определять и измерять параметры одноволнового и многоволнового линейного тракта ВОСП; - проводить исследования характеристик телекоммуникационного оборудования ВОСП Владет - навыками проведения экспериментальных работ по проверке достижимости	Способен перечислить технические характеристики телекоммуникационных устройств; способен проанализировать принципы построения аппаратуры гибких оптических линий связи, их характеристики; способен проанализировать разновидности оптических усилителей, принцип их работы, характеристики; описывает методику выявления отказов и сбоев устройств, гибких оптических линий связи Умеет различать типы оптических фотоприёмников по их конструкции и характеристикам. Умеет определять и измерять параметры одноволнового и многоволнового линейного тракта ВОСП. Умеет проводить исследования характеристик телекоммуникационного оборудования ВОСП. Самостоятельно выполняет работы по проверке достижимости технических характеристик, телекоммуникационных устройств различает типы оптических усилителей по их конструкции и способу включения. Знает характеристики оптических усилителей, самостоятельно может изобразить их зависимости. Самостоятельно может изобразить

	технических характеристик, телекоммуникационных устройств; - навыками расчета диаграммы уровней	диаграммы уровней.
--	--	--------------------

Шкала оценивания.

Экзамен

5-балльная шкала	Критерии оценки
Отлично «5»	Самостоятельно и правильно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. Уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагает свой ответ. Может ответить на дополнительные вопросы. Самостоятельно и правильно решил задачу экзаменационного билета. Уверенно и логично объясняет ход решения. Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом без зачитывания с листа, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета.
Хорошо «4»	Самостоятельно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. Не уверенно отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы. Самостоятельно и правильно решил задачу экзаменационного билета. Уверенно и логично объясняет ход решения. Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом с подглядыванием в лист, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета.
Удовлетворительно «3»	Самостоятельно, но не полно ответил на поставленные теоретические вопросы экзаменационного билета. При этом допускает ошибки. Не уверенно или вообще не отвечает на уточняющие и дополнительные вопросы. Решил задачу экзаменационного билета. При наличии ошибок, может исправить их за счет наводящих вопросов. Не уверенно объясняет ход решения задачи. Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом зачитывая в лист, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета.
Неудовлетворительно «2»	Ответы на поставленные вопросы экзаменационного билета даются студентом зачитывая в лист, где студентом сделаны отметки, подсказки, выкладки на поставленный вопрос билета. Не отвечает или дает неправильные ответы на уточняющие и дополнительные вопросы. Не решена задача экзаменационного билета, или задача решена неправильно.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания по дисциплине

3.1. В ходе реализации дисциплины используются следующие формы и методы текущего контроля

Тема и/или раздел	Формы/методы текущего контроля успеваемости
ПК-1.1 Выявляет отказы и сбои сетевых устройств, имеет представление об устранении последствий сбоев сетевых устройств	
Раздел 1 Структура современных гибких оптических сетей	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)

Раздел 2 Рекомендации МСЭ-Т для гибких оптических сетей	Самостоятельная работа, конспект лекций Практическое занятие Лабораторное занятие ДКР (для ЗФО)
Раздел 3 Компонентная база для построения гибких оптических сетей	Самостоятельная работа, конспект лекций Практическое занятие Лабораторное занятие ДКР (для ЗФО)
Раздел 4 Способы реализации гибкости оптических сетей	Самостоятельная работа, конспект лекций Практическое занятие Лабораторное занятие ДКР (для ЗФО)
Раздел 5 Синхронизация в гибких оптических сетях	Самостоятельная работа, конспект лекций Практическое занятие Лабораторное занятие ДКР (для ЗФО)
Раздел 6 Планирование и проектирование гибких	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)
Раздел 7 Методика расчёта когерентных оптических	Самостоятельная работа, конспект лекций ДКР (для ЗФО)

3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

ПК-1 Способен к устранению сбоев и отказов сетевых устройств

Компетенция ПК-1

Расчёт минимального порога возникновения нелинейных эффектов

Пороговое значение возникновения вынужденного рассеяния Бриллюэна-Мандельштамма определяется по следующему выражению:

$$P_{th} = 21 \frac{KA_{eff}}{gL_{eff}}$$

где $g = 4,6 \cdot 10^{-11} \text{ м/Вт}$ – коэффициент усиления Бриллюэна,

A_{eff} – эффективная площадь поперечного сечения сердцевины оптического волокна, $A_{eff} = \pi w^2$, мкм²

r_{mod} – радиус модового поля на заданной длине волны, мкм

K – постоянная, определяемая степенью свободы состояния поляризации (в рекомендации G.652, $K = 2$).

где k -поправочный коэффициент, который показывает отношение диаметра поля моды к A_{eff} для определённого волокна и длины волны.

L_{eff} – эффективная длина, выраженная в метрах (М), и определяемая выражением

$$L_{eff} = \frac{1 - \exp(-\alpha L)}{\alpha}$$

где α – коэффициент затухания волокна,

L – длина волокна.

Радиус модового поля

$$r_{mod} = d \left(0.65 + 1.619 \cdot V^{-1.5} + 0.87 \cdot V^{-6} \right),$$

$$\text{где } V = \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \cdot NA;$$

NA - числовая апертура волокна.

Например, в стандартном одномодовом волокне с $d = 8,3$ мкм и числовой апертурой $NA = 0,13$ на рабочей длине волны $\lambda = 1,55$ мкм диаметр модового поля оказывается равным 9,5 мкм.

Порог возникновения нелинейных искажений из-за рамановского рассеяния в волокне без сдвига дисперсии оценивается из следующего выражения:

$$P_{tot} \cdot \Delta\lambda \cdot L_{eff} < 40 [\text{мВт} \cdot \text{нм} \cdot \text{М}]$$

где P_{tot} – суммарная мощность всех каналов WDM (мВт),

$\Delta\lambda$ – полоса оптического спектра (нм), в которой распределены эти каналы.

Формула для расчета минимального значения пороговой мощности SRS P_{SRS} записывается в виде:

$$P_{SRS} = \frac{16K_{SRS} A_{\phi\phi}}{g_R L_{\phi\phi}}$$

где K_{SRS} – числовое значение, зависящее как от поляризационного состояния волны, так и еще от ряда факторов. Минимальное значение составляет 1. Типовое значение для большинства практических приложений $K_{SRS} = 2$; $g_R \approx 4,2 \cdot 10^{-14}$ м/Вт – SRS усилительный коэффициент;
 $A_{эфф}$ – эффективная площадь ядра ОВ в м²;
 $L_{эфф}$ – эффективная длина В.

Пример задания курсовой работы:

определить конечное значение OSNR при прохождении оптического сигнала через N оптических ROADM мультиплексоров. Значение OSNR на выходе транспондера выбирается согласно варианта. В расчете не учитывать помехи, вызванные нелинейностью и оптическими усилителями.

3.3. Типовые материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

ПК-1 Способен к устранению сбоев и отказов сетевых устройств

Пример билета на устном экзамене

УрТИСИ СибГУТИ	Экзаменационный билет № <u>1</u> по дисциплине <u>Гибкие оптические сети</u>	УТВЕРЖДАЮ: Зав. кафедрой МЭС _____ «<u> </u>» _____ 20<u> </u> г.
----------------	---	---

Направление 11.04.02 факультет ИИиУ курс 1 семестр 1

- 1) Компонентная база для построения гибких оптических сетей
- 2) Оценка OSNR для систем связи.

Подпись преподавателя _____

Примерный перечень вопросов к устному экзамену:

- 1) Структура современных гибких оптических сетей. Характеристика гибких оптических сетей.
- 2) Рекомендации МСЭ-Т для гибких оптических сетей. Стандарты других организаций применительно к построению гибких оптических сетей
- 3) Компонентная база для построения гибких оптических сетей.
- 4) Транспондеры для гибких оптических сетей
- 5) Мультиплексоры CDC- ROADM
- 6) Фотонные коммутаторы и маршрутизаторы

- 7) Маршрутизация в оптической сети
- 8) Способы реализации гибкости оптических сетей
- 9) Элементная и алгоритмическая база развития функций гибкости оптической сети
- 10) Пространственная и спектральная гибкость оптической сети
- 11) Синхронизация в гибких оптических сетях
- 12) Основные положения по синхронизации в транспортных сетях связи
- 13) Нормируемые параметры сети синхронизации с пакетной передачей
- 14) Нормируемые параметры сети синхронизации с пакетной передачей
- 15) Протоколы, поддерживающие синхронизацию пакетной транспортной сети
- 16) Сигналы синхронизации физического уровня
- 17) Схема синхронизации на физическом уровне сети Ethernet
- 18) Планирование и проектирование гибких оптических транспортных сетей
- 19) Планирование гибкой оптической транспортной сети
- 20) Проектирование гибкой оптической транспортной сети
- 21) Примеры реализации гибких оптических транспортных сетей
- 22) Методика расчёта когерентных оптических каналов
- 23) Оценка OSNR для систем связи
- 24) Анализ обобщенной оценки OSNR
- 25) Оценка OSNR в когерентных системах связи
- 26) Шум спонтанной эмиссии оптических усилителей
- 27) Шум, вызванный нелинейностью среды передачи
- 28) Оценка полного значения OSNR для когерентных систем связи
- 29) Пример расчета OSNR для когерентных систем связи
- 30) Оптимизация параметров линии

Банк контрольных вопросов, заданий и иных материалов, используемых в процессе процедур текущего контроля и промежуточной аттестации находится в учебно-методическом комплексе дисциплины и/или представлен в электронной информационно-образовательной среде по URI: <http://www.aup.uisi.ru>.

3.4. Методические материалы проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Перечень методических материалов для подготовки к текущему контролю и промежуточной аттестации:

1. Методические указания к выполнению лабораторных занятий. –URL: <http://aup.uisi.ru/3572758/>
2. Методические указания к выполнению ДКР. –URL: <http://aup.uisi.ru/3572758/>
3. Пример вопросов для подготовки к экзамену. – URL: <http://aup.uisi.ru/3572758/>

