

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.
«28» 11 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.24 Гибридные сети и системы широкополосного доступа

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) /специализация: **Инженерия телекоммуникаций**

Форма обучения: **очная**

Год набора: 2026

Разработчик (-и):
к.т.н., доцент

/И.И. Шестаков/

подпись

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

Протокол от 28.11.2025 г. № 4

Заведующий кафедрой _____ /Е.И. Гниломедов/

подпись

Екатеринбург, 2025

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.
« ____ » _____ 2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.24 Гибридные сети и системы широкополосного доступа

Направление подготовки / специальность: **11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия телекоммуникаций**

Форма обучения: **очная**

Год набора: 2026

Разработчик (-и):
к.т.н., доцент

_____ /И.И. Шестаков/
подпись

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

Протокол от 28.11.2025 г. № 4

Заведующий кафедрой _____ /Е.И. Гниломедов/
подпись

Екатеринбург, 2025

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-3 Способен к устранению технических проблем на стационарном оборудовании связи	ПК-3.3 Локализирует неисправности стационарного оборудования, восстанавливает основную схему организации связи	5	1 Этап Б1.В.06 Электронные компоненты и схемотехника телекоммуникационных устройств 2 Этап Б1.В.09 Цифровые устройства и микроконтроллеры 2 Этап Б1.В.12 Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных 3 Этап Б1.В.16 Компоненты оптических телекоммуникационных систем 3 Этап Б1.В.17 Инженерные измерения в телекоммуникациях 4 Этап Б1.В.20 Системы электропитания и энергоснабжения телекоммуникаций 4 Этап Б1.В.ДВ.02.01 Протоколы, сервисы и услуги в IP-сетях (или альтернатива Б1.В.ДВ.02.02 Мультисервисные сети)
ПК-4 Способен проводить настройку стационарного оборудования и корректировать схему организации связи	ПК-4.1 Знает состав и характеристики телекоммуникационного оборудования, обеспечивает корректировку схемы организации связи	5	1 Этап Б1.В.01 Системы слаботоковых сетей и цифровых услуг 1 Этап Б2.В.01(П) Учебная (технологическая) практика 2 Этап Б1.В.03 Основы работы с Unix-подобными операционными системами 2 Этап Б1.В.07 Программирование на C/C++ для телекоммуникаций 3 Этап Б1.В.18 Интернет вещей и системы умного дома 4 Этап Б2.В.02(П) Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика 4 Этап Б1.В.22 Автоматизация управления телекоммуникационными системами и сетями
	ПК-4.2 Выполняет работы по изменению конфигурации оборудования телекоммуникационных сетей связи		
ПК-6 Способен к разработке схемы организации связи телекоммуникационной системы	ПК-6.1 Знает принципы построения, систем связи, телекоммуникационных систем различного типа, производит обоснованный выбор информационных технологий по проекту, сравнительный анализ	5	1 Этап Б1.В.02 Промт-инжиниринг 1 Этап ФТД.В.03 Проектная деятельность 2 Этап Б1.В.10 Общая теория связи 3 Этап ФТД.В.02 Основы виртуальной и дополненной реальности 4 Этап Б1.В.21 Оптические транспортные сети

	вариантов, подготавливает схему организации связи		
	ПК-6.2 Умеет использовать современные информационно- коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования, разрабатывать и представлять презентационные материалы по проекту		
ПК-7 Способен к разработке проектной документации на объект, (систему) связи, телекоммуникационную систему	ПК-7.1 Знает назначение, состав, конструкцию, принцип работы, условия технической эксплуатации проектируемых изделий ПК-7.2. Работает с текстовыми редакторами, графическими программами, оформляет содержательную часть проекта, формирует общую пояснительную записку, разрабатывает проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов	3	1 Этап Б1.В.10 Общая теория связи 1 Этап Б1.В.11 Волоконно- оптические и электрические линии связи 2 Этап Б1.В.21 Оптические транспортные сети

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен, курсовой проект.

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-3.3 Локализирует неисправности станционного оборудования, восстанавливает основную схему организации связи	Знает: типовые неисправности и методы их диагностики для оборудования сети PON (OLT, ONT), коммутаторов и маршрутизаторов Ethernet, точек доступа Wi-Fi / Li-Fi и оборудования FSO.	Демонстрирует знание типовых неисправностей и методов диагностики оборудования PON, Ethernet, Wi-Fi, FSO; умеет локализовать неисправность, оценить качество каналов и

	<p>Умеет: локализовать неисправность на сетях PON/AON и беспроводных сетях доступа, проводить оценку качества каналов связи, восстанавливать связь путем изменения конфигурации оборудования.</p>	<p>восстановить связь изменением конфигурации как оборудования так и линии связи, например, разветвлённой ВОЛС сети PON.</p>
<p>ПК-4.1 Знает состав и характеристики телекоммуникационного оборудования, обеспечивает корректировку схемы организации связи</p>	<p>Знает: состав и технические характеристики оборудования GPON/XGPON, GE/10GE, оборудования Wi-Fi, Li-Fi и FSO. Умеет: корректировать принципиальные схемы организации связи с учетом внедрения гибридных решений, например, внедрение резервного радиоканала (Wi-Fi/FSO) в оптической сети PON или AON.</p>	<p>Владеет знанием состава и технических характеристик оборудования GPON/XGPON, Ethernet, Wi-Fi, Li-Fi, FSO; способен корректировать принципиальные схемы связи, включая гибридные решения.</p>
<p>ПК-4.2 Выполняет работы по изменению конфигурации оборудования телекоммуникационных сетей связи</p>	<p>Умеет: выполнять базовую настройку и изменение конфигурации OLT (GPON/XGPON), управляемых коммутаторов Ethernet, настраивать параметры беспроводных точек доступа Wi-Fi (FSO) для обеспечения отказоустойчивости гибридной сети.</p>	<p>Выполняет базовую настройку и изменение конфигурации OLT, IP DSLAM, управляемых коммутаторов, точек доступа Wi-Fi с целью обеспечения отказоустойчивости гибридной сети.</p>
<p>ПК-6.1 Знает принципы построения, систем связи, телекоммуникационных систем различного типа, производит обоснованный выбор информационных технологий по проекту, сравнительный анализ вариантов, подготавливает схему организации связи</p>	<p>Знает: принципы построения гибридных сетей доступа, архитектуру PON (GPON/XGPON), топологии Ethernet, особенности организации беспроводных сетей (Wi-Fi, FSO, Li-Fi) в условиях прямой видимости и внутри помещений. Умеет: проводить сравнительный анализ технологий (скорость передачи данных, дальность связи, помехозащищенность) для выбора оптимального решения, подготавливать структурные схемы гибридной сети связи.</p>	<p>Демонстрирует знание принципов построения гибридных сетей, архитектуры FTTx разных топологий, особенностей беспроводных технологий; проводит сравнительный анализ и разрабатывает структурные схемы гибридных сетей, умеет грамотно пояснить назначение элементов сети и оперативно внести изменения с целью повышения надежности и работоспособности сети.</p>
<p>ПК-6.2 Умеет использовать современные информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования, разрабатывать и представлять презентационные материалы по проекту</p>	<p>Умеет: использовать программное обеспечение для эмуляции сетей (например, Cisco Packet Tracer) или программное обеспечение для управления оборудованием (EMS/NMS), рассчитывать оптический бюджет мощности (для PON/FSO).</p>	<p>Применяет специализированное ПО для эмуляции и управления сетями, выполняет грамотный расчет оптического бюджета мощности в гибридных сетях PON, FSO, AON, Wi-Fi.</p>

ПК-7.1 Знает назначение, состав, конструкцию, принцип работы, условия технической эксплуатации проектируемых изделий	Знает: назначение и конструкцию элементов гибридной сети: оптические линейные терминалы (OLT), оптические сетевые окончания (ONT/ONU), медиаконвертеры, Wi-Fi и Li-Fi точки доступа, оборудование FSO. Знает их условия эксплуатации.	Знает назначение, конструкцию и условия эксплуатации элементов гибридной сети (OLT, ONT/ONU, медиаконвертеры, точки доступа Wi-Fi, оборудование FSO). Умеет различать по внешнему виду тип и класс оборудования гибридной сети доступа.
ПК-7.2. Работает с текстовыми редакторами, графическими программами, оформляет содержательную часть проекта, формирует общую пояснительную записку, разрабатывает проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов	Умеет: оформлять пояснительные записки к проектам гибридных сетей доступа, чертить схемы организации связи в графических редакторах (Visio или AutoCAD), составлять спецификации оборудования (GPON, Wi-Fi, Ethernet), ссылаясь на действующие стандарты в области проводной и беспроводной связи (ГОСТ, СНИП, стандарты IEEE и ITU-T).	Грамотно оформляет пояснительную записку КП, отчеты по практическим и лабораторным занятиям, оформляет схемы – с использованием текстовых и графических редакторов, соблюдая требования нормативно-технических документов.

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, обосновывая его законами «Теории электрических цепей». 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.
-------------------------	---

Курсовой проект

5-балльная шкала	Критерии оценки
Отлично «5»	Самостоятельно и уверенно ориентируется в пояснительной записке. Дает быстрые и грамотные ответы. В случае обнаружения ошибки в работе, может быстро и самостоятельно ее исправить с пояснениями. Представлены качественные рисунки. Умеет применять условно-графические обозначения согласно ГОСТу. Без помощи преподавателя читает и поясняет схемы и представленные расчеты. Свободно отвечает на дополнительные вопросы в рамках КП. Пояснительная записка соответствует выданному ТЗ.
Хорошо «4»	Самостоятельно и не уверенно ориентируется в пояснительной записке. В случае обнаружения ошибки в работе, студент может исправить ее но посредством наводящих вопросов преподавателя. Представлены качественные рисунки. Частично умеет применять условно-графические обозначения согласно ГОСТу. С помощью наводящих вопросов преподавателя читает и поясняет схемы и представленные расчеты. Неуверенно отвечает на дополнительные вопросы в рамках КП. Пояснительная записка соответствует выданному ТЗ.
Удовлетворительно «3»	Не уверенно ориентируется в пояснительной записке. В случае обнаружения ошибки в работе, студент может исправить ее, но посредством наводящих вопросов преподавателя. Представлены не качественные рисунки. Частично умеет применять условно-графические обозначения согласно ГОСТу. С помощью наводящих вопросов преподавателя с трудом читает схемы, но не поясняет представленные расчеты. Неуверенно отвечает на дополнительные вопросы в рамках КП. Пояснительная записка соответствует выданному ТЗ.
Неудовлетворительно «2»	Плохо ориентируется в пояснительной записке. В случае обнаружения ошибки в работе, не может исправить их и пояснить. Представлены некачественные рисунки. Не умеет применять условно-графические обозначения согласно ГОСТу. Не умеет читать и пояснять схемы и представленные расчеты. Не отвечает на дополнительные вопросы в рамках КП. Пояснительная записка не соответствует выданному ТЗ.

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-3.3 Локализирует неисправности станционного оборудования, восстанавливает основную схему организации связи	
Введение	Конспект лекций

	Практическое занятие Лабораторное занятие
Технологии пассивных оптических сетей доступа (PON)	Конспект лекций Практическое занятие Лабораторное занятие Курсовой проект
Технологии активных оптических сетей доступа (AON)	Конспект лекций
Технологии беспроводного широкополосного доступа	Конспект лекций Лабораторное занятие Практическое занятие
Проектирование, моделирование и документация гибридных сетей	Конспект лекций Лабораторное занятие Практическое занятие
Управление гибридными сетями связи	Конспект лекций Лабораторное занятие
ПК-4.1 Знает состав и характеристики телекоммуникационного оборудования, обеспечивает корректировку схемы организации связи	
Введение	Конспект лекций Практическое занятие Лабораторное занятие
Технологии пассивных оптических сетей доступа (PON)	Конспект лекций Практическое занятие Лабораторное занятие Курсовой проект
Технологии активных оптических сетей доступа (AON)	Конспект лекций
Технологии беспроводного широкополосного доступа	Конспект лекций Лабораторное занятие Практическое занятие
Проектирование, моделирование и документация гибридных сетей	Конспект лекций Лабораторное занятие Практическое занятие
Управление гибридными сетями связи	Конспект лекций Лабораторное занятие
ПК-4.2 Выполняет работы по изменению конфигурации оборудования телекоммуникационных сетей связи	
Введение	Лабораторное занятие
Технологии пассивных оптических сетей доступа (PON)	Лабораторное занятие
Технологии беспроводного широкополосного доступа	Лабораторное занятие
Проектирование, моделирование и документация гибридных сетей	Лабораторное занятие
Управление гибридными сетями связи	Лабораторное занятие
ПК-6.1 Знает принципы построения, систем связи, телекоммуникационных систем различного типа, производит обоснованный выбор информационных технологий по проекту, сравнительный анализ вариантов, подготавливает схему организации связи	
Введение	Конспект лекций Лабораторное занятие
Технологии пассивных оптических сетей доступа (PON)	Конспект лекций Лабораторное занятие Курсовой проект
Технологии активных оптических сетей доступа (AON)	Конспект лекций
Технологии беспроводного широкополосного доступа	Конспект лекций Лабораторное занятие

Проектирование, моделирование и документация гибридных сетей	Конспект лекций Лабораторное занятие
Управление гибридными сетями связи	Конспект лекций Лабораторное занятие
ПК-6.2 Умеет использовать современные информационно-коммуникационные технологии, в том числе специализированное программное обеспечение для решения задач проектирования, разрабатывать и представлять презентационные материалы по проекту	
Введение	Лабораторное занятие
Технологии пассивных оптических сетей доступа (PON)	Лабораторное занятие Курсовой проект
Технологии беспроводного широкополосного доступа	Лабораторное занятие
Проектирование, моделирование и документация гибридных сетей	Лабораторное занятие
Управление гибридными сетями связи	Лабораторное занятие
ПК-7.1 Знает назначение, состав, конструкцию, принцип работы, условия технической эксплуатации проектируемых изделий	
Введение	Конспект лекций Лабораторное занятие
Технологии пассивных оптических сетей доступа (PON)	Конспект лекций Лабораторное занятие Курсовой проект
Технологии активных оптических сетей доступа (AON)	Конспект лекций
Технологии беспроводного широкополосного доступа	Конспект лекций Лабораторное занятие
Проектирование, моделирование и документация гибридных сетей	Конспект лекций Лабораторное занятие
Управление гибридными сетями связи	Конспект лекций Лабораторное занятие
ПК-7.2. Работает с текстовыми редакторами, графическими программами, оформляет содержательную часть проекта, формирует общую пояснительную записку, разрабатывает проектную документацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов	
Введение	Конспект лекций Лабораторное занятие
Технологии пассивных оптических сетей доступа (PON)	Конспект лекций Лабораторное занятие Курсовой проект
Технологии активных оптических сетей доступа (AON)	Конспект лекций
Технологии беспроводного широкополосного доступа	Конспект лекций Лабораторное занятие
Проектирование, моделирование и документация гибридных сетей	Конспект лекций Лабораторное занятие
Управление гибридными сетями связи	Конспект лекций Лабораторное занятие

3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

- ПК-3 Способен к устранению технических проблем на стационарном оборудовании связи*
ПК-4 Способен проводить настройку стационарного оборудования и корректировать схему организации связи
ПК-6 Способен к разработке схемы организации связи телекоммуникационной системы
ПК-7 Способен к разработке проектной документации на объект, (систему) связи, телекоммуникационную систему

Конспект лекции на тему «Технология GPON»

Пассивная оптическая сеть GPON (от английского Gigabit Passive Optical Network) – это гигабитная сеть абонентского доступа, предоставляющая мультисервисные услуги связи, по разветвленной волоконно-оптической архитектуре с пассивными узлами, которая описывается в рекомендации международного союза электросвязи и телеграфии (МСЭ-Т) ITU-T G.984.

В качестве стационарного оборудования применяется оптический линейный терминал OLT (коммутатор OLT), на стороне абонента устанавливается оптическое сетевое окончание ONT (роутер GPON). На рисунке 1 представлена схема передачи данных в сети GPON.

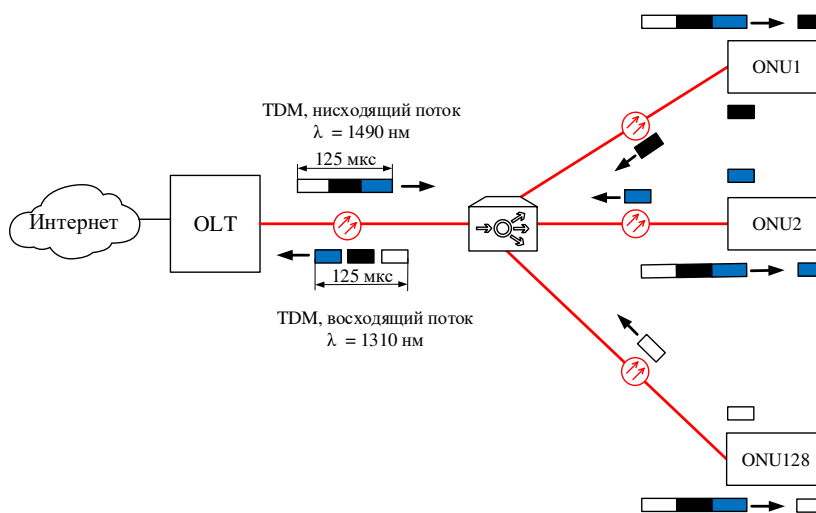


Рисунок 1 – Принцип передачи данных в сети GPON

Для передачи данных используются две длины волны: 1310 нм и 1490 нм. Длина волны 1310 нм передается в восходящем потоке, который организуется в направлении «абонент - оператор». Длина волны 1490 нм передается в нисходящем потоке, который организуется в направлении «оператор - абонент». Скорость передачи данных восходящего потока составляет 1,25 Гбит/с, нисходящего - 2,5 Гбит/с. Данные восходящего и нисходящего потоков передаются по одному оптическому волокну. Технология GPON базируется на стандарте ITU-T G.704.1 GFP (Generic Framing Protocol, общий протокол кадров), который обеспечивает инкапсуляцию во временной кадр длительностью 125 мкс данные любого типа сервиса.

Кадр нисходящего потока состоит из двух полей, поле данных и заголовка. Формат цикла для восходящего потока состоит из нескольких кадров, количество таких кадров соответствует количеству подключаемых ONU к одному OLT порту. На рисунке 2 представлена структура заголовка цикла нисходящего и восходящего потока.

Структура кадра нисходящего потока сети GPON представлена на рисунке 3. Заголовок нисходящего потока состоит из следующих полей:

- PSync – поле цикловой синхронизации длиной 4 байта;
- Ident – поле длиной 4 байта, предназначенное для идентификации номера цикла и совместимо с полем PSync, для ложного срабатывания по цикловому синхронизму;
- PLOAMd – поле управления длиной 13 байт;
- BIP – поле контрольной суммы (чередование четности), размер 1 байт;
- PLeud – поле длиной 4 байта, в котором передается информация о длине заголовка цикла нисходящего потока;
- UpsBWmap – поле размером $N \times 8$ байт, в котором передается информация о пропускной способности всего цикла, где N – это количество ONU.

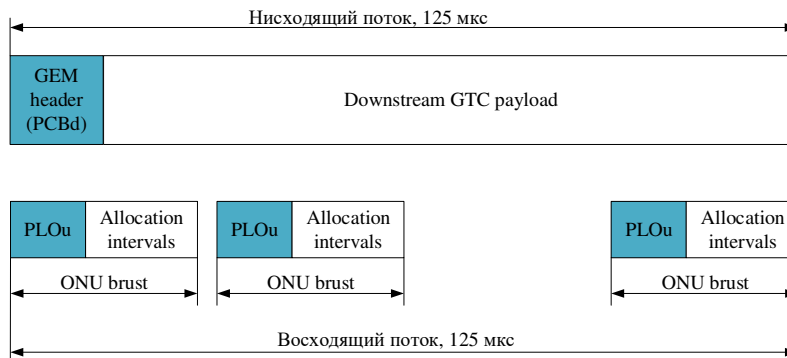


Рисунок 2– Формат кадра нисходящего и восходящего цикла сети GPON

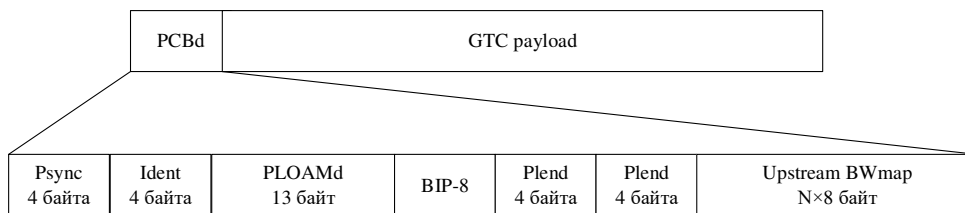


Рисунок 3 – Структура цикла нисходящего потока

Формат кадра восходящего потока представлен на рисунке 4. Кадр состоит из следующих полей:

- Preamble – указывает на начало цикла;
- Delimiter – разделитель;
- VIP-8 – контрольная сумма заголовка;
- ONU-ID – идентификатор оптического блока ONU (значение от 0 до 255);
- Ind – поле индикации обеспечивает в режиме реального времени отчеты о состоянии ONU к OLT (1 байт);
- PLOAMu – поле управления (13 байт);
- DBRu – информационное поле о динамической полосе пропускания данных. Это поле отправляется, когда соответствующие флаги устанавливаются в соответствующую структуру распределения в рамках UpsBWmap.
- PL – поле полезной нагрузки.

Перед началом кадра передается временная задержка, выступающая в качестве синхронизации и устранения коллизии.

Временная задержка	Preamble	Delimiter	VIP-8	ONU-ID	Ind	PLOAMu	DBRu	PL	DBRu	PL
--------------------	----------	-----------	-------	--------	-----	--------	------	----	------	----

Рисунок 4 – Формат кадра нисходящего потока

На рисунке 5 представлена структура поля полезной нагрузки восходящего потока. Поле полезной нагрузки состоит из заголовка и поля данных. Заголовок состоит из полей:

- PLI – длина поля полезной нагрузки;
- Port-ID – идентификатор порта, предназначен для правильного демультиплексирования и мультиплексирования данных между оптическими и сервисными портами оборудования OLT;
- PTI – тип передаваемой полезной нагрузки;
- NEC – контрольная сумма заголовка.

Поле контрольной суммы NEC, выполняет не только функцию целостности заголовка, но и функцию цикловой синхронизации, подобно протоколу ATM.

Оборудование OLT стандарта GPON состоит из трех основных модулей:

- 1) модуль оптических портов OLT;
- 2) модуль кросс-коммутации;
- 3) сервисный модуль.

Функциональная блок-схема оборудования OLT представлена на рисунке 6. Модуль оптических портов состоит из двух функциональных блоков:

- 1) функциональный блок оптического сетевого распределения ODN;
- 2) функциональный блок сходимости PON TC.

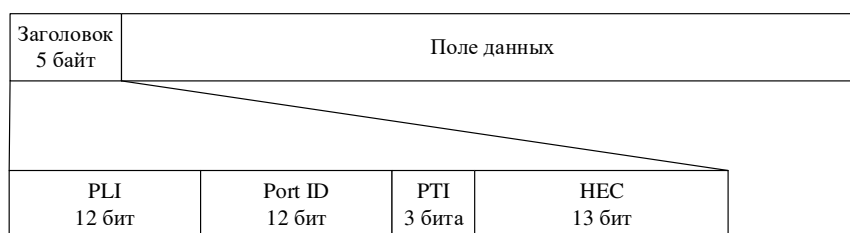


Рисунок 5 – Формат заголовка поля полезной нагрузки восходящего потока

Совместная работа этих двух блоков позволяет выполнять следующие функции: кадрингование, контроль доступ к среде передачи, динамическая полоса пропускания, разграничение протокольного блока данных (PDU), управления ONT.

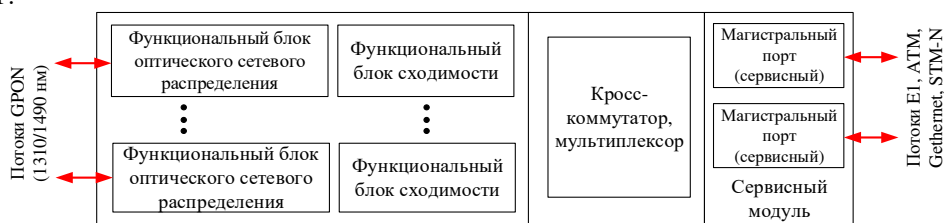


Рисунок 6 – Функциональная блок-схема OLT сети XGPON

Модуль кросс-коммутации обеспечивает коммутационный канал между сервисными и оптическими портами OLT. В качестве интерфейса сервисного порта могут быть интерфейсы RG-45 (с поддержкой сервисов E1 и GEthernet) или интерфейс SC (с поддержкой сервисов GEthernet или STM-N).

Оптическое сетевое окончание ONT в отличие от OLT, состоит из двух модулей:

- 1) модуль оптических портов OLT;
- 2) сервисный модуль.

Назначение модулей у ONT такое же, как и у коммутатора OLT. Разница только в количестве оптических портов OLT и сервисных портов. Наличие двух портов OLT позволит построить древовидную топологию с защитой на оптическом уровне. Количество сервисных портов (тип интерфейса RG-45) составляет от одного до четырех. Кроме этого, вместо модуля кросс-коммутации, в модуль оптических портов встроен мультиплексор/демультиплексор, который выполняет ту же функцию, что и модуль кросс-коммутации OLT оборудования. На рисунке 7 представлена функциональная блок-схема ONT.

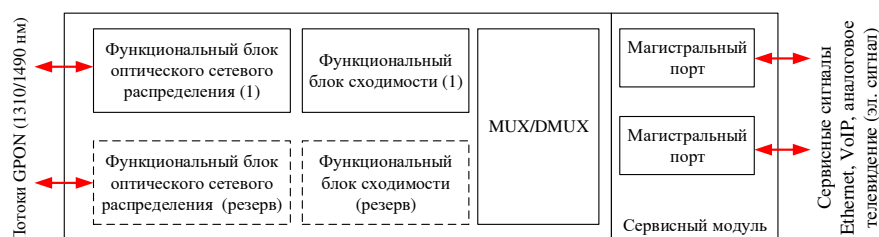


Рисунок 7 – Функциональная блок-схема ONU сети XGPON

Пассивная оптическая сеть GPON строится на базе архитектуры:

- 1) FTTB (Fiber to the Building) – волокно до здания;
- 2) FTTH (Fiber to the Home) – волокно до квартиры.

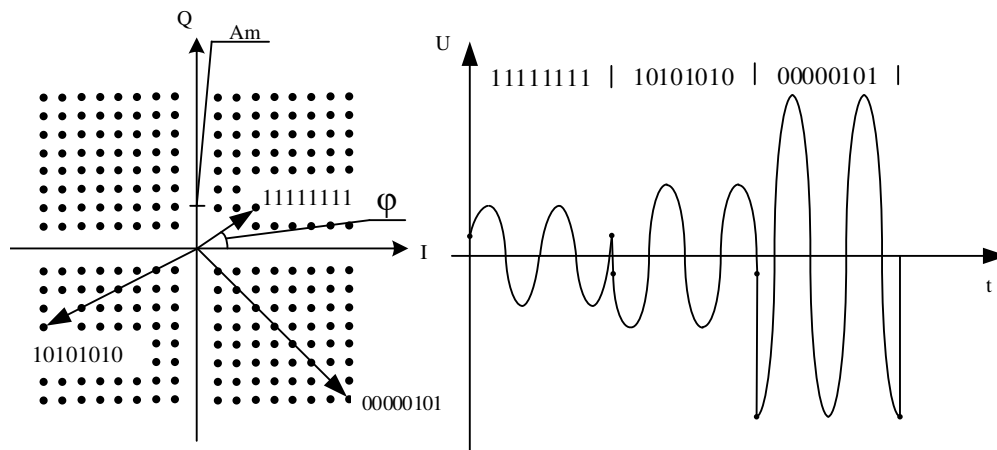


Рисунок 2 – Пример типовой временной диаграммы сигнала QAM-256

5 Контрольные вопросы:

- 5.1 Дать понятие модуляция в электросвязи.
- 5.2 Дать понятие манипуляция в электросвязи.
- 5.3 Что такое спектр сигнала.
- 5.4 Изобразить спектр АМ сигнала
- 5.5 Изобразить спектр ЧМ сигнала?
- 5.6 Дать понятие цифрового и аналогового сигнала
- 5.7 Каково основное назначение модуляции в электросвязи?
- 5.8 Каково основное назначение линейного кодирования в электросвязи?
- 5.9 Назовите основные требования предъявляемые к линейным кодам?
- 5.10 Какими обладают достоинствами и недостатками сигналы QAM-4 и QAM-256?
- 5.11 Изобразить структурную схема амплитудного модулятора и модулятора QAM-4?

5 Содержание отчета:

- 5.1 Цель работы.
- 5.2 Временная диаграмма и созвездие QAM или PSK сигнала.
- 5.3 Ответы на контрольные вопросы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Исследование гибридной сети доступа ADSL/Wi-Fi

1 Цель работы:

- 1.1. Изучить основы построения технологии абонентского доступа ADSL.
- 1.2. Приобрести навыки в настройках и конфигурировании ADSL маршрутизатора DSL-2640/BRU.

2 Подготовка к работе:

- 2.1 Изучить теоретический материал, относящийся к данной работе по конспекту лекций и литературе.
- 2.2 Подготовить шаблон бланка отчета.

3 Основное оборудование:

- 3.1. ADSL маршрутизатор DSL-2640U/BRU.
- 3.2 Персональный компьютер.
- 3.3. Мультиплексор ADSL DAS-3224/E/B.

4 Порядок выполнения работы:

4.1 Выполните изыскательскую работы по обследованию участка рабочее место (ПК и ТА) – мультиплексор ADSL. Выясните, каким образом выполняется подключение телефонного аппарата (ТА) и персонального компьютера (ПК) к мультиплексору ADSL DAS-3224/E/B.

В черновике отразите структурную схему кабельных соединений для участка рабочее место (ПК и ТА) – мультиплексор ADSL.

- 4.2 Изучите структурную схему узла сети доступа, которая представлена на рисунке 1.

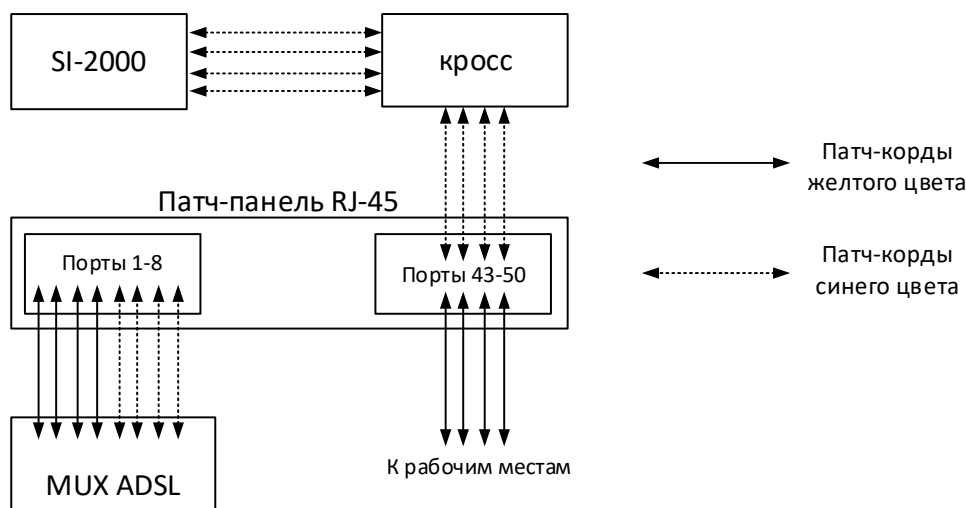


Рисунок 1 – Структурная схема участка мультиплексор ADSL – ЦАТС SI-2000

4.3 По исходным данным, полученных на основании изыскательской работы п. 4.1 – 4.2, изобразить схему организации связи сети ADSL. На схеме, в виде блоков, показать: мультиплексор IPDSLAM, четыре маршрутизатора ADSL, четыре персональных компьютера, четыре сплиттера, четыре телефонных аппарата, четыре роутера ADSL, ЦАТС SI-2000, кроссы (патч-панели). На схеме показать номера и/или название портов для каждого устройства.

4.5 Заполните таблицу кабельных соединений (таблица 1 и 2). Таблица 1 и 2 представляет собой карту проключения, которая показывает какие порты устройства подключены к портам другого устройства.

Таблица 1 – Кабельные соединения для передачи данных

Трасса	Рабочее место			
	7	8	9	10
ПК				
Router				
Сплиттер				
Патч-панель				
Патч-панель				
MUX				
SW				
Патч-панель				

Таблица 2 – Кабельные соединения для телефонии

Трасса	Рабочее место			
	7	8	9	10
ТА				
Router				
Сплиттер				
Патч-панель				
Патч-панель				
MUX				
Патч-панель				
Патч-панель				
ЦАТС (SI-2000)				

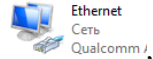
4.6 Разработайте статичный план IP адресации для сети ADSL, которая состоит из четырех персональных компьютеров, четырех ADSL домашних маршрутизаторов, и одного ADSL мультиплексора. План IP адресации разработать с учетом IP адреса ADSL мультиплексора 192.168.1.1. IP адреса всех устройств занести в таблицу 3.

Для работоспособности сети, IP адреса всех устройств должны находиться в одной подсети, то есть, первый, второй и третий байт IP адреса у всех устройств должен быть одинаковым. IP адресацию следует привязывать к номеру рабочего места.

Таблица 3 – План IP адресации

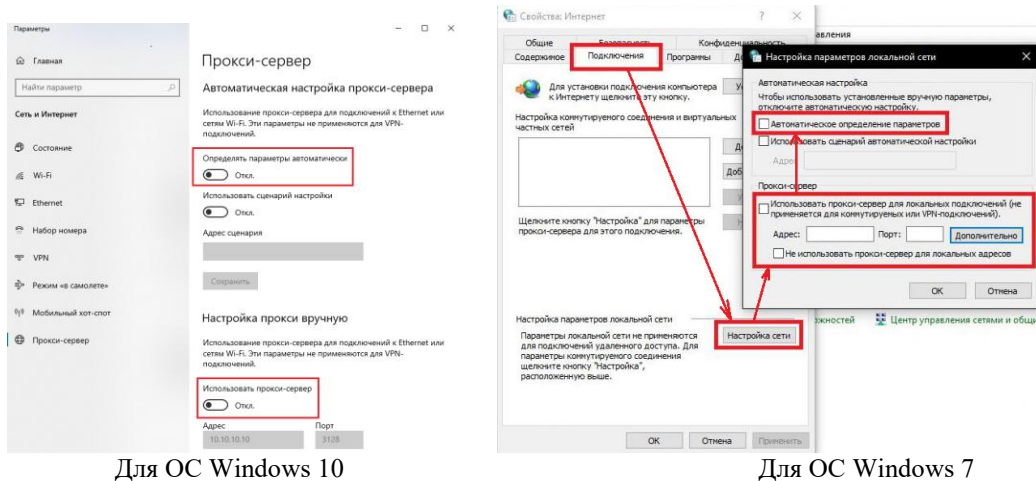
Рабочее место	ПК	ADSL Ruoter	ADSL MUX
7			192.168.1.1
8			
9			
10			

4.7. Настройте IP адрес компьютера согласно плану IP адресации. Для этого в панели управления компьютера, в разделе сеть и Интернет, выбрать сетевые подключения. В появившемся окне, навести курсор на ярлык проводное сетевое подключение



и правой кнопкой мыши вызовите контекстное меню. Выберите свойство. В появившемся окне выберите протокол интернета версии 4 (TCP/IPv4), перейти по кнопке «Свойства». В новом появившемся окне выберите «Использовать следующий IP-адрес и введите IP адрес персонального компьютера, затем нажмите кнопку «Ок».

4.8. Подключитесь к Web-интерфейсу маршрутизатора ADSL. Для начала, следует отключить прокси-сервер. Для этого, в меню пуск, введите слово «*прокси-сервер*» и нажмите «Enter». Для ОС Windows 10, в появившемся окне отключите «Определять параметры автоматически» и «Использовать прокси-сервер», как показано на рисунке 2. Для ОС Windows 7, в появившемся окне выберите вкладку «Подключения», во вкладке «Подключения» нажмите кнопку «Настройка сети». В появившемся окне уберите галочки с «Автоматическое определение параметров» и «Прокси-сервер». После этого нажмите кнопку «Сохранить» / «Ок».



Для ОС Windows 10

Для ОС Windows 7

Рисунок 2 – Отключение прокси-сервера

Далее, запустите браузер, в адресной строке браузера введите IP адрес маршрутизатора 192.168.1.1 и нажмите «Enter». Появится окно, в котором необходимо ввести имя пользователя и пароль. По умолчанию имя пользователя «**admin**» пароль «**admin**». Пример диалогового окна представлен на рисунке 3.

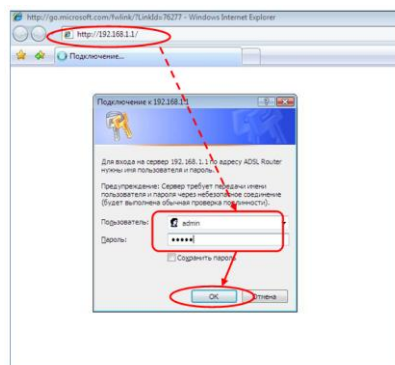


Рисунок 3 – Диалоговое окно Web-интерфейса маршрутизатора

4.9 Получение доступа к Интернету.

4.9.1. В главном меню Web-интерфейса, во вкладке Home нажмите кнопку «LAN». В появившемся окне, измените IP-адрес маршрутизатора. Для этого, введите новый IP-адрес согласно разработанному плану IP адресов. Отключите DHCP сервер. Нажмите кнопку «Apply»

4.9.2 Нажмите кнопку Wizard, в появившемся окне снимите галочку с «DSL Auto-connect», после чего, нажмите кнопку «Next».

В появившемся окне, значения VPI/VCI должны быть 0 и 35. Качество обслуживания (Quality of Service) должно отключено. Нажмите «Next».

В появившемся окне, выберите тип сетевого протокола **Bridging** и режим инкапсуляции **LLC/SNAP-BRIDGING**. Нажмите «Next».

Далее появится окно с меню PPP Username and Password. В этом окне вводить логин и пароль не нужно, нажмите кнопку «Next».

В появившемся окне, в меню Network Address Translation (NAT) оставьте значения всех полей по умолчанию и нажмите кнопку «Next».

В меню Wireless оставьте все значения по умолчанию и нажмите кнопку «Next».

В конце всех манипуляций, появится кнопка «Сохранить и перезагрузить»/ «Save/Reboot», следует нажать эту кнопку для перезагрузки устройства.

После завершения перезагрузки появится диалоговое окно о успешной перезагрузке. Нажмите кнопку «Ok».

4.10 Проверка соединения с мультиплексором IP DSLAM. В командной строке (пуск – программы – стандартный – командная строка) введите команду: `ping 192.168.1.xxx`, где xxx – IP адрес соседнего компьютера.

Успешное выполнение команды свидетельствует указание параметра TTL, так в ответе на команду ping, значение TTL равно, например, 32 (TTL=32). В противном случае, следует перезагрузить роутер и повторить пункты 4.8 – 4.9.

4.11 Расчет скорости подканала DMT сигнала и диаграммы уровней.

4.11.1 Перейдите во вкладку Advanced. В появившемся окне нажмите кнопку «ADSL», затем нажмите кнопку «Advanced Settings» и далее нажмите кнопку «Tone Selection». Появится окно с подканалами, как показано на рисунке 4. Зафиксируйте число подканалов для восходящего и нисходящего потоков.

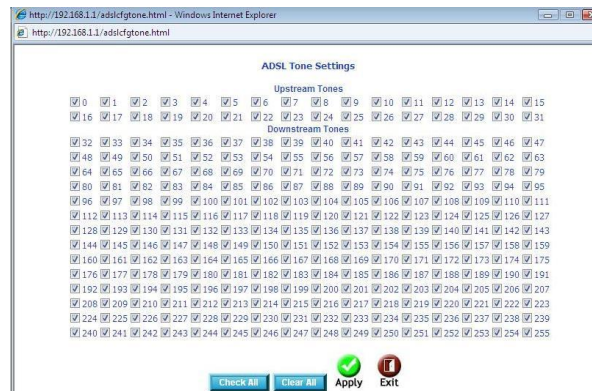


Рисунок 4 – ADSL Tone Selection

4.11.2 Перейдите во вкладку Status и нажмите кнопку «ADSL». Зафиксируйте табличные данные в отчет, как показано на рисунке 5.

	Downstream	Upstream
SNR Margin (dB):	11.9	12.0
Attenuation (dB):	0.0	1.0
Output Power (dBm):	7.0	12.5
Attainable Rate (Kbps):	9568	1056
Rate (Kbps):	8000	800
(number of bytes in DMT frame):	251	26

Рисунок 5 – ADSL статус

4.11.3 По исходным данным пункта 4.11.1 и 4.11.2 рассчитать скорость передачи данных одного подканала восходящего и нисходящего потока.

4.11.4 По исходным данным пункта 4.11.1 и 4.11.2 рассчитать диаграмму уровней сигнала восходящего и нисходящего потока. Шаблон диаграммы уровней представлен на рисунке 6.

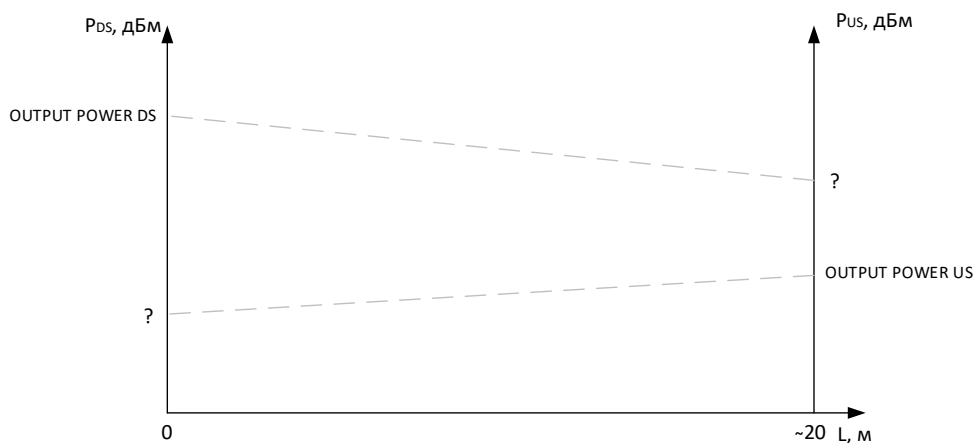


Рисунок 6 – Шаблон диаграммы уровней

4.12. Настройка контроля доступа.

В браузере создайте новое подключение, указав IP адрес соседнего маршрутизатора. В появившемся окне введите логин и пароль. **Не изменяйте настройки маршрутизатора!** Сделайте соответствующий вывод.

Для защиты от несанкционированного доступа к маршрутизатору, следует ограничить доступ к маршрутизатору и разрешить им управлять только определенному кругу лиц. Для этого, перейдите во вкладку **Tools** своего маршрутизатора. На вкладке Tools в меню Access Control нажмите кнопку «Admin». В рабочем поле, укажите имя пользователя «admin», старый пароль «admin», новый пароль и подтверждение нового пароля. **Внимание!** Новый пароль должен содержать только латиницу, ввод спецсимволов запрещен. Обязательно запишите в отчет пароль. Для применения настроек нажмите кнопку «Apply».

Выполните повторный вход на Web-интерфейс соседнего маршрутизатора. Сделайте выводы.

Для того, чтобы третье лицо не могло иметь доступ к диалоговому окну «Логин и пароль», следует ограничить доступ по IP адресу. Для этого в меню Access Control вкладки **Tools** нажмите кнопку «IP Address». Нажмите кнопку «Add» и добавьте в список белых IP-адресов – **IP-адрес своего компьютера**. Нажмите кнопку «Apply». Затем выберите «Enabled», чтобы включить режим контроля доступа, как показано на рисунке 7.



Рисунок 7 – Активация контроля доступа по IP адресу

Внимание: Если Вы включите функцию Access Control и укажете IP-адрес не своего компьютера, с которого в данный момент осуществляется конфигурирование, Вы потеряете доступ к устройству.

Выполните повторный вход на Web-интерфейс соседнего маршрутизатора. Сделайте выводы.

4.13. Выполните тестирование ADSL. Во вкладке **Status** в меню ADSL нажмите кнопку «ADSL BER Test». После нажатия кнопки «ADSL BER Test» в нижней части страницы ADSL Statistics (ADSL статистики) появится диалоговое окно, установите время тестирования 5 – 10 минут и нажмите кнопку «Start».

После завершения тестирования в диалоговом окне будет отображен результат теста: время тестирования, общее количество переданных бит, общее количество ошибочных бит. В отчет зафиксируйте результат коэффициент ошибок. Запись следует сделать в правильной форме, например, $K_{ош} = 5,9 \times 10^{-7}$, или $BER = 1,9 \times 10^{-9}$.

4.14. Выполните возврат настроек ADSL роутера к заводским. Для этого, во вкладке **Tools** в меню System нажмите кнопку «Restore Default Settings». Появится диалоговое окно для подтверждения возврата маршрутизатора к заводским настройкам. Нажмите кнопку «OK».

4.15 Сделайте общие выводы о проделанной работе.

4.16. Ответьте письменно на контрольные вопросы.

4.17. Оформите отчет.

5 Содержание отчета.

5.1 Цель работы.

5.2 Схема организации связи с указанием параметров сети.

5.3 Заполненные таблицы 1, 2 и 3.

5.4 Расчет скоростей ADSL потока. Формулы, результаты расчетов. Диаграмма уровней ADSL сигналов. Формулы, результаты расчетов.

5.5 Результат тестирования ADSL линии на ошибки.

5.6 Записи с изменением пароля доступа к ADSL маршрутизатору. Имя пользователя и пароль (старый/новый) для доступа к Web интерфейсу маршрутизатора.

5.7 Ответы на контрольные вопросы.

6. Контрольные вопросы.

6.1 Что такое технология ADSL?

6.2 Какова скорость передачи информации в технологии ADSL?

6.3 Каким образом осуществляется подключение к DSL-2640U/BRU для его настройки?

6.4 Какой интерфейс используется в ADSL маршрутизаторе DSL-2640U/BRU для его настройки.

6.5 Какие имеются режимы коммутации в маршрутизаторе DSL-2640U/BRU?

6.6 Какова процедура защиты маршрутизатора DSL-2640U/BRU от несанкционированного доступа?

6.7 Какой тип модуляции применяется на сетях ADSL?

6.8 Какие типы сервисов можно предоставлять абонентам, с хорошим качеством, по технологии ADSL? И при каких условиях?

Типовое задание на курсовое проектирование на тему: «Организация сети оптического доступа по технологии GPON»

Задание на курсовой проект:

1. Разработать трассу прокладки оптического кабеля связи между оптическим линейным терминалом и оптическим распределительными шкафами (ОРШ), и внутри многоэтажного дома.

2. Рассчитать количество оборудования OLT, количество оптических портов и количество волокон в применяемых оптических кабелях.

3. Произвести выбор оборудования и кабеля связи.

4. Рассчитать диаграммы уровней оптически сигналов восходящего и нисходящего направлений.

4. Разработать схему организации связи.

5. Разработать схему разварки оптических волокон.

3.3. Типовые материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

ПК-3 Способен к устранению технических проблем на стационарном оборудовании связи

ПК-4 Способен проводить настройку стационарного оборудования и корректировать схему организации связи

ПК-6 Способен к разработке схемы организации связи телекоммуникационной системы

ПК-7 Способен к разработке проектной документации на объект, (систему) связи, телекоммуникационную систему

Примерные вопросы для подготовки к экзамену

- 1) Что такое абонентский доступ? Схема абонентского доступа.
- 2) Технологии проводного абонентского доступа, разновидности, достоинства и недостатки каждой.
- 3) Технология беспроводного доступа, разновидности, достоинства и недостатки каждой.
- 4) Технология WiMAX, рабочий частотный диапазон, принцип построения, оборудование.
- 5) Типы модуляции и кодирования в проводном абонентском доступе.
- 6) Типы модуляции и кодирования в беспроводном абонентском доступе.
- 7) Технология IEEE 802.11ax, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.

- 8) Технология IEEE 802.11be, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.
- 9) Технология IEEE 802.11ac, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.
- 10) Технология IEEE 802.11n, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.
- 11) Технология xDSL, разновидности, принцип построения, основные компоненты, достоинства и недостатки каждой.
- 12) Технология ADSL, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.
- 13) Технология VDSL, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.
- 14) Модуляция QAM, принцип формирования сигнала, разновидности, достоинства и недостатки, область применения.
- 15) Модуляция DMT, принцип формирования сигнала, разновидности, достоинства и недостатки, область применения.
- 16) Линейный код 2B1Q, принцип формирования сигнала, достоинства и недостатки, область применения.
- 17) Методы доступа в технологии Wi-Fi
- 18) Методы шифрования в технологии Wi-Fi.
- 19) Пассивная оптическая сеть, принцип построения, разновидности.
- 20) Оптические разветвители, разновидности, характеристики и способы включения.
- 21) Расчет бюджета оптической мощности в системах GPON, диаграмма уровней.
- 22) Оптические кабели связи, применяемые на абонентском доступе.
- 23) Электрические кабели связи, применяемые на абонентском доступе.
- 24) Архитектура построения сетей доступа FTТх, разновидности, достоинства и недостатки каждой.
- 25) Оптические компоненты сети PON: OLT, ONU, ONT, оптические кабели, оптические разветвители, коннекторы, оптические кроссы, оптические муфты.
- 26) Технология GPON. Характеристики. Компоненты. Принцип передачи данных
- 27) Диаграмма уровней оптических сигналов в сети GPON.
- 28) Технология AON. Сравнение с PON
- 29) Технология Ethernet. Трехуровневая модель. Схема построения.
- 30) Резервирование в сети доступа, реализуемой по технологии Ethernet.
- 31) Резервирование в сети доступа, реализуемой по технологии GPON.

Примерные задачи

- 1) Изобразить временную диаграмму линейного кода 2B1Q для кодовой комбинации 111101011000111010000001110101.
- 2) Изобразить временную диаграмму сигнала QAM-16 для кодовой комбинации 00010101011111101000111010101.
- 3) Изобразить временную диаграмму сигнала PSK-8 для кодовой комбинации 00010101011111101000111010101.
- 4) Рассчитать потери в нисходящем потоке сети GPON, если используется два разветвителя, 1×4 и 1×8, потери которых 7дБ и 10 дБ; длина линии 2 км, мощность передатчика составляет +3дБм, чувствительность приемника -29дБм.

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 практических занятий. – URL: <http://aup.uisi.ru/5067885/>

2. Методические указания к выполнению лабораторных занятий. – URL: <http://aup.uisi.ru/5067887/>

3. Методические указания к выполнению курсового проекта. – URL: <http://aup.uisi.ru/5067891/>

4. Пример вопросов для подготовки к экзамену. – URL: <http://aup.uisi.ru/5067895/>