

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)



ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.28 Технологии широкополосного доступа

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


Направленность (профиль) / специализация: **Транспортные сети и системы связи**

Форма обучения: **заочная**

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.28 Технологии широкополосного доступа

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

Направленность (профиль) / специализация: **«Транспортные сети и системы
связи»**

Форма обучения: **заочная**

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-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи	ПК-1.2 Знает принципы построения, структурные схемы, состав и характеристики телекоммуникационного оборудования первичной сети связи и вторичных сетей, принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных сетях	4	Этап 1 Б1.В.01 Основы теории цепей Этап 2 Б1.В.02 Основы теории электромагнитных полей и волн Этап 2 Б1.В.07 Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей Этап 2 Б1.В.08 Теория связи Этап 3 Б1.В.13 Сети связи и системы коммутации Этап 3 Б1.В.14 Физические основы радиосвязи Этап 3 Б1.В.15 Многоканальные телекоммуникационные системы Этап 3 Б1.В.17 Спутниковые и радиорелейные системы связи Этап 3 Б1.В.18 Технологии цифрового телерадиовещания
ПК-5 Способен проводить настройку станционного оборудования и корректировать схему организации связи	ПК-5.2 Выполняет работы по изменению конфигурации оборудования телекоммуникационных сетей связи	2	Этап 1 Б1.В.03 Введение во операционную систему UNIX Этап 1 Б1.В.05 Языки программирования

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – 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-1.2 Знает принципы построения, структурные схемы, состав и характеристики телекоммуникационного оборудования первичной сети связи и вторичных сетей, принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных	Знает: - принципы построения телекоммуникационных систем широкополосного доступа различных типов и способы распределения информации в них; - современные и перспективные направления развития телекоммуникационных сетей и систем широкополосного	Самостоятельно, без наводящих подсказок может дать подробное описание технологии широкополосного доступа, ее характеристики, какие компоненты применяются. Умеет сравнивать между собой различные технологии ШПД и делать грамотные выводы о применении той или иной технологии для предоставления определенного класса услуг связи. Умеет изображать структурные схемы, схемы организации связи сетей ШПД используя ГОСТ условно-графических обозначений.

сетях	<p>доступа;</p> <ul style="list-style-type: none"> - технологии связи широкополосного доступа, принципы их организации, эксплуатации, проектирования; - состав и характеристики сети широкополосного доступа; - стандарты технологий сетей широкополосного доступа, прописанных в институтах IEEE, ITU-T, форум ATM. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - характеризовать физические процессы, происходящие при формировании, обработке, передаче, приеме сигналов в различных технологиях широкополосного доступа; - выполнять расчеты параметров проектируемых сетей доступа для различных технологий связи. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками расчета основных параметров сети широкополосного доступа для различных технологий связи; - навыками применения теоретических знаний на практике при проектировании систем широкополосного доступа. 	<p>Знает какие кабели связи применяются на всех участка сети, умеет давать пояснения к выбору. Умеет приводить характеристики кабелей и их конструкцию.</p> <p>Может выполнять аналитические расчеты параметров сети без применения методических указаний. Знает, что такое диаграмма уровней, как ее строить, и как ее рассчитывать.</p> <p>Понимает в чем разница между сетями фиксированного проводного и беспроводного доступа, может привести реальные примеры таких сетей.</p> <p>Знает термины и может дать их трактовку. Знает виды модуляции и типа линейных кодов, применяемых в ШПД, может самостоятельно придумать кодовую комбинацию, и с пояснениями, изобразить для нее временную диаграмму линейного сигнала для линейного кода или модуляции. Может расшифровать сокращения указанные на схемах, самостоятельно читает схемы, способен определить правильность разработанной схемы, и в случае обнаружения ошибки, исправить ее.</p>
ПК-5.2 Выполняет работы по изменению конфигурации оборудования телекоммуникационных сетей связи	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - способу управления оборудованием; - как подключиться к оборудованию; - основные сетевые протоколы подлежащие конфигурации, настройке; - знает базовые команды конфигурации оборудования сети ШПД. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - конфигурировать оптические, электрические и беспроводные сети абонентского доступа в зависимости от вида используемого оборудования; - выполнять соединения в телекоммуникационной стойке. 	<p>Самостоятельно, используя ресурсы сети Интернет и методических указаний, выполнить подключение к оборудованию ШПД, и выполнит его конфигурацию. Результаты конфигурации отразит в виде отчета с указанием схем, таблиц.</p> <p>Самостоятельно, без помощи преподавателя и методических указаний выполнить дополнительное задание по настройке оборудования.</p> <p>Умеет и знает, как найти неисправность (аварию) в сети ШПД используя только систему мониторинга и управления сетью или другие ресурсы. При необходимости умеет и знает, как устранить аварию, неисправность в сети.</p> <p>Знает синтаксис команда для управления сетевым оборудование ШПД различных производителей. Умеет читать и расшифровывать синтаксис команда. Знает что такое лог-журнал, и по информации представленной в нем, найти неисправность</p>

	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками и умениями эксплуатировать, конфигурировать оборудование сетей широкополосного доступа; - навыками подключения, соединения оборудования в телекоммуникационной стойке. 	<p>в сети и устранить ее.</p> <p>Умеет определять параметры сети из анализа параметров сетевых узлов, используя систему мониторинга и управления сетью ШПД.</p>
--	--	---

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.

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-1.2 Знает принципы построения, структурные схемы, состав и характеристики телекоммуникационного оборудования первичной сети связи и вторичных сетей, принципы организации сигнализации и синхронизации в телекоммуникационных сетях	
Раздел 1 Введение	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций
Раздел 2 Модель, определения и архитектура сетей широкополосного доступа	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций
Раздел 3 Широкополосный проводной абонентский доступ	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторное занятие Практическое занятие
Раздел 4 Широкополосный беспроводный абонентский доступ	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторное занятие Практическое занятие
Раздел 5 Интерфейсы сетей доступа	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторное занятие
Раздел 6 Управление сетью доступа	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторное занятие
ПК-5.2 Выполняет работы по изменению конфигурации оборудования телекоммуникационных сетей связи	
Раздел 3 Широкополосный проводной абонентский доступ	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторное занятие
Раздел 4 Широкополосный беспроводный абонентский доступ	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторное занятие
Раздел 5 Интерфейсы сетей доступа	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторное занятие
Раздел 6 Управление сетью доступа	Самостоятельная работа ДКР (для ЗФО) Конспект лекций Лабораторное занятие

3.2. Типовые материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи

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 станционного 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.

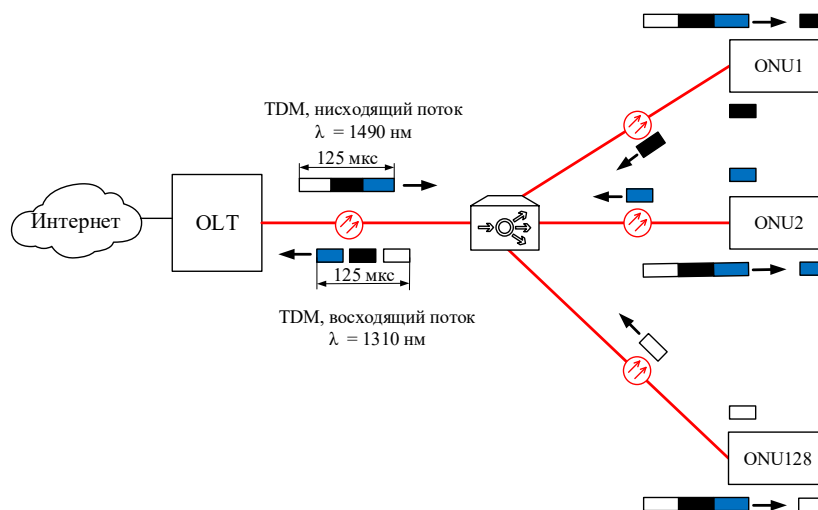


Рисунок 1 – Принцип передачи данных в сети GPON

Для передачи данных используются две длины волн: 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.

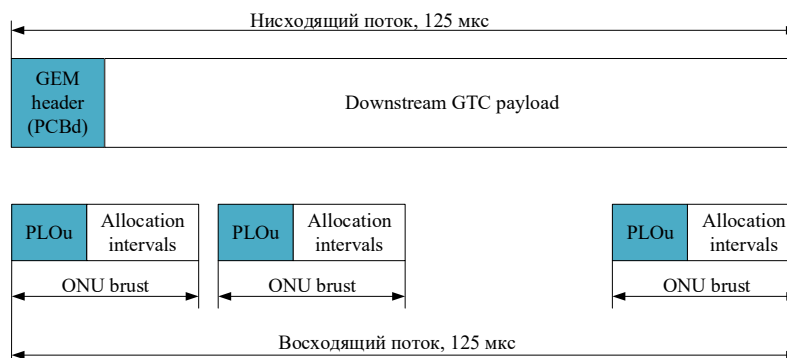


Рисунок 2– Формат кадра нисходящего и восходящего цикла сети GPON

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;
- Plend – 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.

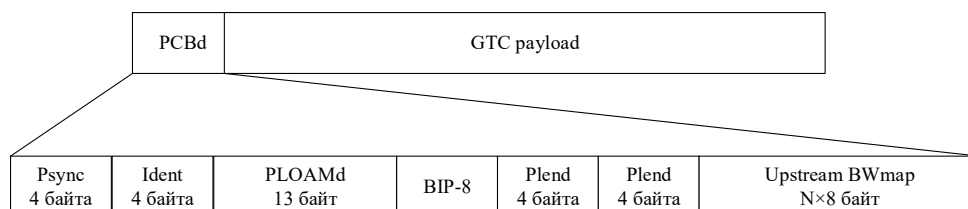


Рисунок 3 – Структура цикла нисходящего потока

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

- Preamble – указывает на начало цикла;
- Delimiter – разделитель;
- BIP-8 – контрольная сумма заголовка;
- ONU-ID – идентификатор оптического блока ONU (значение от 0 до 255);
- Ind – поле индикации обеспечивает в режиме реального времени отчетов 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.

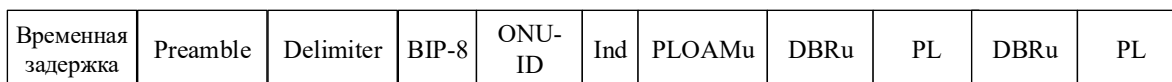


Рисунок 4 – Формат кадра нисходящего потока

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;
- HEC – контрольная сумма заголовка.

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

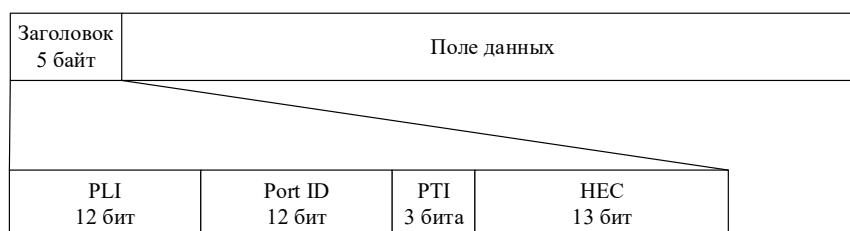


Рисунок 5 – Формат заголовка поля полезной нагрузки восходящего потока

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.

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

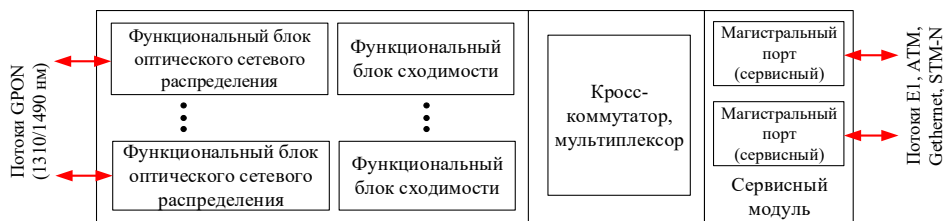


Рисунок 6 – Функциональная блок-схема OLT сети XGPON

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 G Ethernet) или интерфейс SC (с поддержкой сервисов G Ethernet 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.

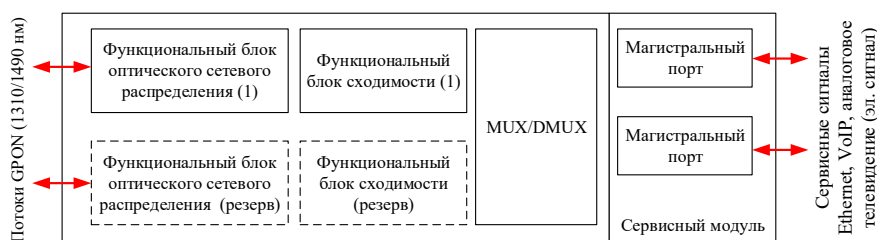


Рисунок 7 – Функциональная блок-схема ONU сети XGPON

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.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Расчет сигнала сетей доступа

1 Цель работы:

- 1.1 Получить навыки расчета спектра амплитудно-модулированного сигнала.
- 1.2 Получить навыки кодирования бинарной последовательности QAM и PSK сигналом.

2 Подготовка к работе:

- 2.1 Изучить принципы аналоговой модуляции, принципы разделения каналов (частотное и временное),

принцип формирования цифровых видов модуляции (ASK, PSK, FSK) по конспекту лекций и литературе.

2.2 Подготовить бланк отчета и ответы на контрольные вопросы.

3 Индивидуальные задания:

3.1 Привести краткое описание технологии абонентского доступа (структурная схема сети, тип используемой модуляции, скорость передачи данных, предоставляемые услуги связи, дальность передачи данных, тип используемого кабеля, частотный диапазон работы оборудования). Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные к заданию 3.1

№ варианта	Технология абонентского доступа
1	ADSL
2	ADSL2+
3	SHDSL
4	HDSL
5	VDSL
6	Wi-Fi IEEE 802.11a
7	Wi-Fi IEEE 802.11b
8	Wi-Fi IEEE 802.11g
9	Wi-MAX
10	SDSL
11	APON
12	BPON
13	EPON
14	GPON
15	Li-Fi
16	DECT
17	WDM-PON
18	Ethernet
19	Fast Ethernet
20	LTE

3.2 Рассчитать спектр амплитудно-модулированного сигнала, если модулируются три низкочастотных гармонических процесса, исходные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные к заданию 3.2

Вариант	U ₁ , В	f ₁ , кГц	U ₂ , В	f ₂ , кГц	U ₃ , В	f ₃ , кГц	U _{нec.} , В	F _{нec.} , кГц
1	4	0,4	0,2	3	2,4	6	2,4	65
2	4	0,4	0,4	1	1,2	7	3,2	90
3	5	0,4	0,4	3	1,2	8	2,4	52
4	1	0,7	0,6	3	3,6	6	0,8	76
5	5	0,2	0,6	2	3,6	6	2,4	71
6	5	0,9	0,3	1	2,4	6	2,4	70
7	5	0,8	0,9	1	2,4	7	1,6	97
8	4	0,9	0,8	1	1,2	6	0,8	96
9	3	0,9	0,8	1	2,4	5	4	88
10	4	0,2	0,6	2	2,4	8	0,8	68
11	1	0,7	0,8	4	2,4	8	0,8	63
12	1	0,6	0,3	2	3,6	5	0,8	87
13	2	0,4	0,6	3	3,6	8	2,4	99
14	3	0,4	0,8	3	2,4	7	3,2	53
15	1	0,9	0,1	3	1,2	6	1,6	94
16	2	0,3	0,2	2	1,2	5	4	62
17	4	0,1	0,1	2	2,4	5	3,2	67
18	5	0,1	0,1	1	3,6	7	4	76
19	4	0,7	0,4	2	3,6	5	4	90
20	2	0,5	0,4	4	3,6	7	0,8	54

В качестве модулятора использовать однотоковую схему на полупроводниковом диоде, вольт – амперная характеристика которого описывается полиномом (1):

$$U_{AM}(t) = a_0 + a_1 u_0 + a_2 u_0^2 \quad (1)$$

где $U_{AM}(t)$ – амплитудно-модулированный сигнал на выходе диода;
 u – произведение несущей на сумму низкочастотных сигналов.
 a_i – коэффициенты, принять равными единицы.
 Параметр u записывается как выражение (2):

$$U_0 = U_{\text{Hcc}} \cos(F_{\text{Hcc}}) [U_1 \cos(f_1) + U_2 \cos(f_2) + U_3 \cos(f_3)] \quad (2)$$

После подстановки выражения (2) в формулу (1), следует раскрыть скобки и квадрат скобки, приведя конечный результат к сумме констант (например: $(U_{\text{нec.}} \times U_1)/4$) и сумме косинусов (например: $U_{\text{нec.}}^2 \times U_1 \times \cos(2F_{\text{нec.}} - F_1)$).

Примечание: конечный результат не должен содержать произведение и квадратов косинусов, только суммы косинусов. Вычислять под косинусное значение не нужно.

По окончании разложения выражения $U_{AM}(t)$, подставить численные значения, не вычисляя значения косинусов. Каждый отдельный аргумент косинуса есть спектральная составляющая, например, рассмотрим произведение: $U_{неч.}^2 \times U_1 \times \cos(2F_{неч.} - F_1)$, подставляя значения, получим: $5^2 \times 0,8 \times \cos(2 \times 40[\text{кГц}] - 4[\text{кГц}]) = 20\cos(76)$, где 76 – это частота спектральной составляющей, а 20 – ее амплитуда.

По значениям косинусных аргументов, а именно по частоте и амплитуды построить в масштабе спектр модулированного сигнала, шаблон графика спектрограммы представлен на рисунке 1.

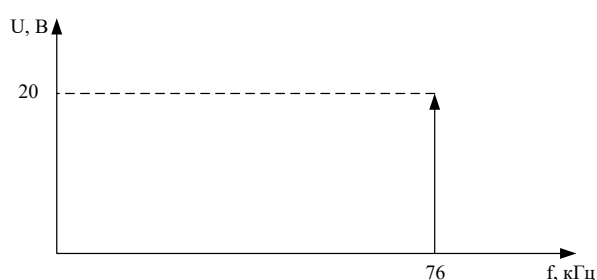


Рисунок 1 – Шаблон графика спектрограммы

3.3 По типу модуляции показать временную диаграмму сигнала, исходные данные представлены в таблице 3. Закодировать каждое созвездие (квадратурную и синфазную составляющую) бинарным кодом, результат свести в таблицу. Рассчитать во сколько раз увеличиться информационная скорость. Рассчитать сколько бит информации переносится одной позицией многоуровневого сигнала. Изобразить спектр сигнала.

Таблица 3 – Исходные данные

№ варианта	Тип модуляции	Информационное слово
1	QAM - 32	1110111011010101110101010101010101010101
2	QAM - 64	10111010101011011111110000010111101000
3	16-PSK	11111110110011110101111110101101011000
4	QPSK	0000000001010101010101010101000001000000
5	32-PSK	01011110000001010111000100011011111111
6	QAM - 32	1111111111111000111111111100001000000
7	32-PSK	0001110110110101000000000011111011110101
8	QAM - 64	00001111101010101110101010100101000000
9	8-PSK	1010100101011110111111010010010101101
10	QAM 16	00101011101101110001010101010111111000
11	16-PSK	11010100101010101011111111101010010100
12	32-PSK	10101101010101010101111111111111111000
13	QAM - 32	00000111111111101101010111101001111010
14	QAM - 64	11111110101111111011111011111111111110
15	32-PSK	00000000000000001111111110110111101110
16	QAM - 32	00111111110011111001111001100100100001
17	QAM - 64	01111110111011101110110101111011011100
18	QAM - 32	101111111011100000001111111101010100011
19	QAM - 16	111110111111101111111000011111101010100
20	32-PSK	01010101010110101011010111111010110000

Рассмотрим пример для сигнала QAM-256. Поскольку на вход модулятора поступает цифровой сигнал (1,0), то каждая позиция квадратурной и синфазной составляющей из 256, будет переносить за один такт 8 бит информации ($\log 256 = 8$). Пусть, номер созвездия присваивается слева направо и снизу в верх, тогда получим:

№1 – 00000000	$A_m = 0,1$	$\varphi = 8^\circ$
№2 – 00000001	$A_m = 0,1$	$\varphi = 12^\circ$
№3 – 00000010	$A_m = 0,1$	$\varphi = 16^\circ$
⋮	⋮	⋮
№255 – 11111101	$A_m = 0,9$	$\varphi = 344^\circ$
№256 – 11111111	$A_m = 1,0$	$\varphi = 352^\circ$

Далее, необходимо разбить кодовую последовательность по восемь бит: 11111111_00000101_10101010_101... Тогда, кодовую комбинацию можно представить в виде гармонического процесса (синусоиды), амплитуда и фаза должны соответствовать табличным результатам, пример сигнала показан на рисунке 2.

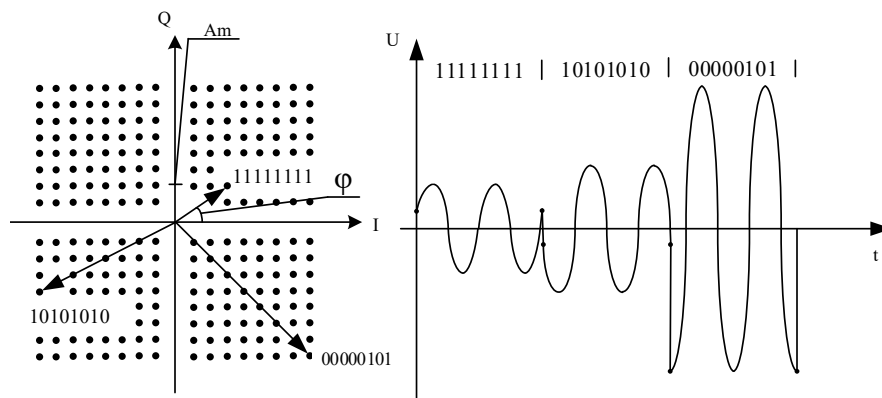


Рисунок 2 – Пример типовой временной диаграммы сигнала QAM-256

При таком типе модуляции, информационная скорость увеличится в 8 раз, тактовая частота сигнала уменьшится в 8 раз. Одна позиция QAM сигнала позволит перенести 8 бит информации, что приведет к увеличению пропускной способности сети.

4 Контрольные вопросы:

- 4.1 Дать понятие модуляция в электросвязи.
- 4.2 Дать понятие манипуляция в электросвязи.
- 4.3 Что такое спектр сигнала.
- 4.4 Изобразить спектр АМ сигнала
- 4.5 Изобразить спектр ФМ сигнала
- 4.6 Изобразить спектр ЧМ сигнала?
- 4.7 Дать понятие цифрового и аналогового сигнала
- 4.8 Каково основное назначение модуляции в электросвязи?
- 4.9 Каково основное назначение линейного кодирования в электросвязи?
- 4.10 Назовите основные требования предъявляемые к линейным кодам?
- 4.11 Какими обладают достоинствами и недостатками сигналы QAM-4 и QAM-256?
- 4.12 Изобразить структурную схема амплитудного модулятора и модулятора QAM-4?

5 Содержание отчета:

- 5.1 Цель работы.
- 5.2 Структурная схема сети доступа.
- 5.3 Расчет параметров амплитудно-модулированного сигнала.
- 5.4 Спектр амплитудно-модулированного сигнала.
- 5.5 Временная диаграмма и созвездие QAM или PSK сигнала.
- 5.6 Ответы на контрольные вопросы.

ПК-5 Способен проводить настройку станционного оборудования и корректировать схему организации связи

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Исследование и настройка маршрутизаторов ADSL

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.

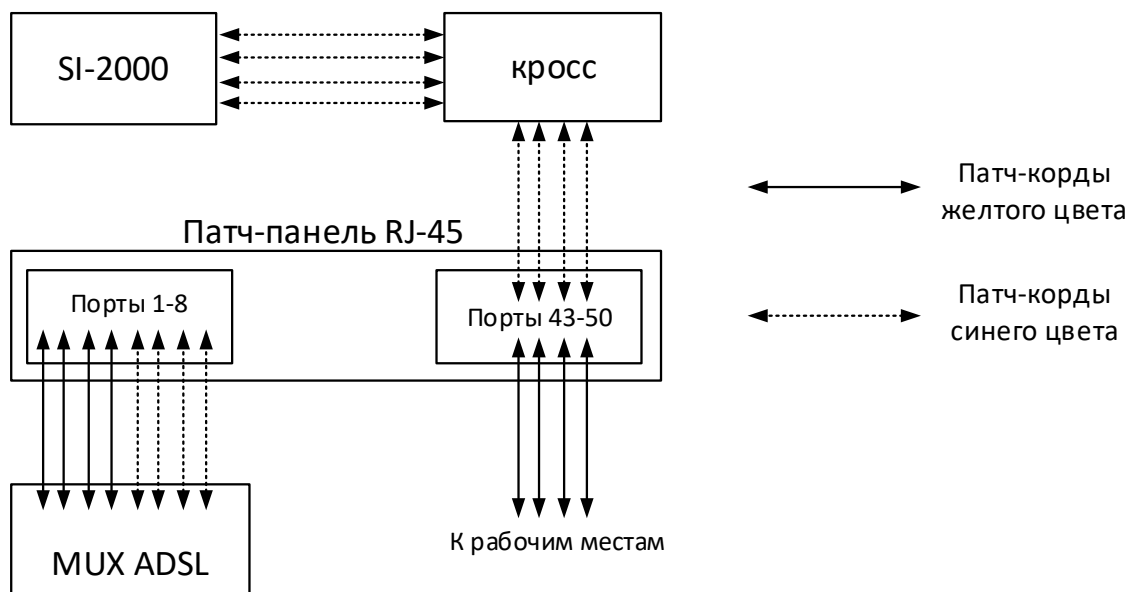


Рисунок 1 – Структурная схема участка мультиплексор ADSL – ЦАТС SI-2000

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.

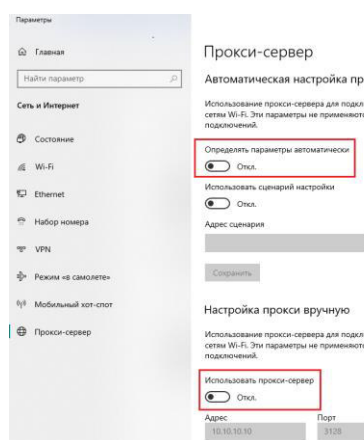
Таблица 3 – План IP адресации

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

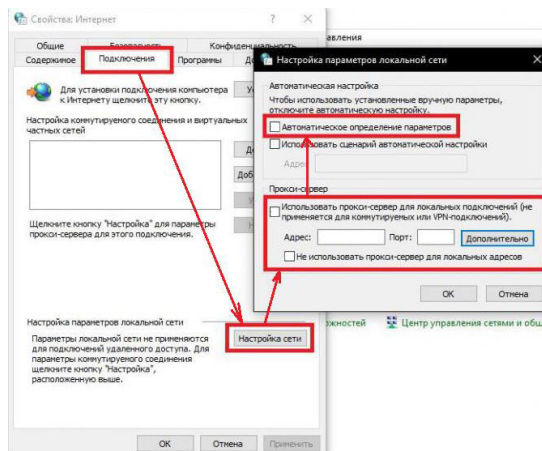
4.7. Настройте IP адрес компьютера согласно плана IP адресации. Для этого в панели управления компьютера, в разделе сеть и Интернет, выбрать сетевые подключения. В появившемся окне, навести курсор на

ярлык проводное сетевое подключение  Ethernet, 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 с «*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.

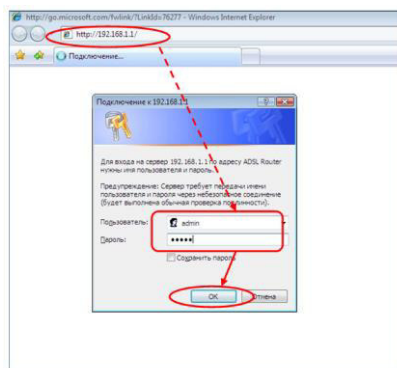


Рисунок 3 – Диалоговое окно Web-интерфейса маршрутизатора

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 пртивном 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.

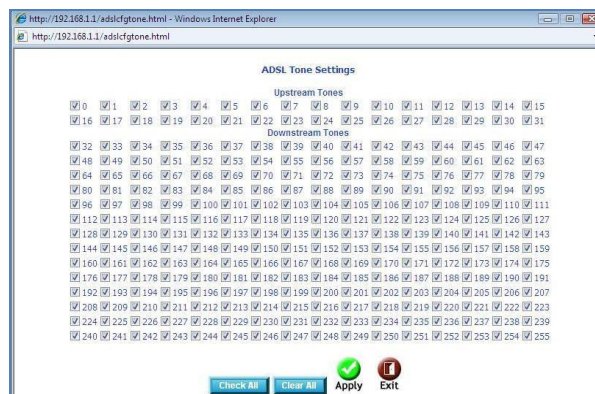


Рисунок 4 – ADSL Tone Selection

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

Home	Advanced	Tools	Status
ADSL Statistics			
	Downstream	Upstream	
SNR Margin (dB):	11.9	12.0	
Attenuation (dB):	0.0	1.0	
Output Power (dBm):	7.8	12.5	
Attainable Rate (Kbps):	9568	1056	
Rate (Kbps):	8000	800	
Frame (number of bytes in DM1 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.

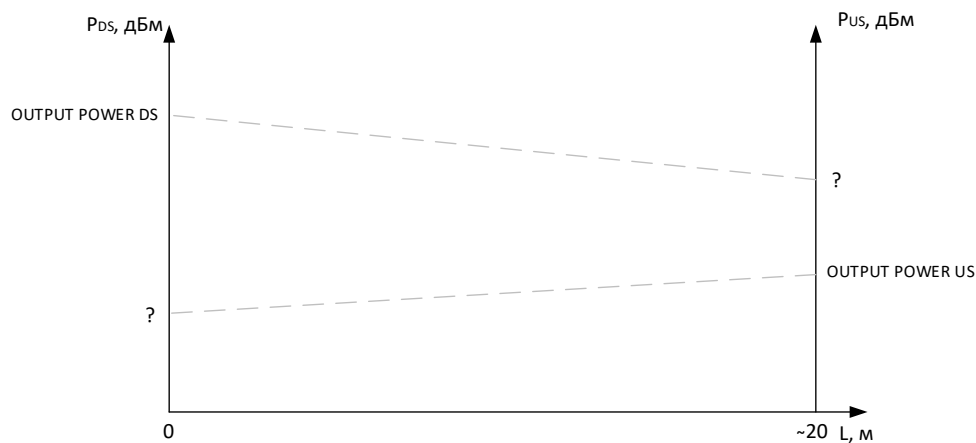


Рисунок 6 – Шаблон диаграммы уровней

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 коэффициента ошибок. Запись следует сделать в правильной форме, например, $K_{\text{ош}} = 5,9 \times 10^{-7}$, или $\text{BER} = 1,9 \times 10^{-9}$.

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?

3.3. Типовые материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

ПК-1 Способен к проведению профилактических работ на оборудовании связи
ПК-5 Способен проводить настройку станционного оборудования и корректировать схему организации связи

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 802.11a, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.

8) Технология IEEE 802.11b, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.

9) Технология IEEE 802.11g, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.

10) Технология IEEE 802.11, 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 HDSL, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.
- 14)Технология VDSL, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.
- 15)Технология SDSL, скорость передачи данных, формат модуляции, рабочий диапазон частот, достоинства и недостатки.
- 16)Модуляция QAM, принцип формирования сигнала, разновидности, достоинства и недостатки, область применения.
- 17)Модуляция CAP, принцип формирования сигнала, разновидности, достоинства и недостатки, область применения.
- 18)Модуляция DMT, принцип формирования сигнала, разновидности, достоинства и недостатки, область применения.
- 19)Линейный код 2B1Q, принцип формирования сигнала, достоинства и недостатки, область применения.
- 20)Линейный код HDB-3, принцип формирования сигнала, достоинства и недостатки, область применения.
- 21)Методы доступа в технологии Wi-Fi
- 22)Интерфейсы сети доступа. Типы, расшифровка обозначений.
- 23)Управление сети доступа. Схема. Интерфейсы управления.
- 24)Методы шифрования в технологии Wi-Fi.
- 25)Метод шифрования WEP, алгоритм работы, достоинства и недостатки.
- 26)Метод шифрования WPA, алгоритм работы, достоинства и недостатки.
- 27)Методу расширения спектра в технологии Wi-Fi
- 28)Пассивная оптическая сеть, принцип построения, разновидности.
- 29) Оптические разветвители, разновидности, способы включения.
- 30) Расчет бюджета оптической мощности в системах GPON, диаграмма уровней.
- 31) Оптические кабели связи, применяемые на абонентском доступе.
- 32) Электрические кабели связи, применяемые на абонентском доступе.
- 33) Архитектура построения сетей доступа FTTx, разновидности, достоинства и недостатки каждой.
- 34) Оптические компоненты сети PON: OLT, ONU, ONT, оптические кабели, оптические разветвители, коннекторы, оптические кроссы, оптические муфты.
- 35) Технология GPON. Характеристики. Компоненты.
- 36) Оптические разветвители. Характеристики. Разновидности.
- 37) Диаграмма уровней оптических сигналов в сети GPON.

Примерные задачи

- 1) Изобразить временную диаграмму линейного кода 2B1Q для кодовой комбинации 111101011000111010000001110101.
- 2) Изобразить временную диаграмму линейного кода HDB-3 для кодовой комбинации 10000010101000000001110.
- 3) Изобразить временную диаграмму сигнала QAM-16 для кодовой комбинации 00010101011111101000111010101.
- 4) Изобразить временную диаграмму сигнала PSK-8 для кодовой комбинации 00010101011111101000111010101.
- 5) 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/4055521/>
2. Методические указания к выполнению лабораторных занятий. –URL: <http://aup.uisi.ru/4055525/>
3. Методические указания к выполнению ДКР. –URL: <http://aup.uisi.ru/4055538/>
4. Пример вопросов для подготовки к экзамену. – URL: <http://aup.uisi.ru/4248376/>