



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по дисциплине «Наземные и космические системы связи»
для студентов 5-го курса дневной и заочной форм обучения
специальности «Радиотехника» (7.05090101 и 8.05090101)
Часть 3

Севастополь
2013

УДК 355.424.3 + 654.1

Лабораторный практикум по дисциплине «Наземные и космические системы связи» для студентов 5-го курса дневной и заочной форм обучения специальности «Радиотехника» (7.05090101 и 8.05090101): в 3 ч. / Сост. А.А. Савочкин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2013. — Ч. 3. — 42 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в подготовке и выполнении лабораторных работ по дисциплине «Наземные и космические системы связи», а также в получении ими теоретических знаний по организации и принципам функционированию оборудования *ADSL* и систем *IP*-телефонии.

Методические рекомендации утверждены на заседании кафедры радиотехники и телекоммуникаций «23» октября 2012 года, протокол № 3.

Рецензент: доцент кафедры радиотехники и телекоммуникаций, канд. техн. наук С.Р. Зиборов

Ответственный за выпуск: заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций, д-р техн. наук, профессор Ю.Б. Гимпилевич

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа №5 «Исследование оборудования <i>ADSL</i> »	4
1.1. Цель лабораторной работы	4
1.2. Теоретическая часть	4
1.2.1. Принципы организации технологии <i>xDSL</i>	4
1.2.2. Типовая схема организации <i>ADSL</i>	5
1.2.3. Характеристика сигнальных преобразований на уровне <i>ADSL</i>	6
1.2.4. Адаптация параметров модуляции к характеристикам линии в системах <i>ADSL</i>	8
1.2.5. Стандарты <i>ADSL</i>	10
1.3. Описание лабораторной установки	13
1.4. Порядок выполнения лабораторной работы	14
1.5. Содержание отчета по лабораторной работе	20
1.6. Контрольные вопросы	21
1.6.1. Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы.....	21
1.6.2. Вопросы для защиты лабораторной работы	22
2. Лабораторная работа №6 «Исследование систем <i>IP</i> -телефонии»	23
2.1. Цель лабораторной работы	23
2.2. Теоретическая часть	23
2.2.1. Общая характеристика систем <i>IP</i> -телефонии	23
2.2.2. Виды соединений в сети <i>IP</i> -телефонии	26
2.2.3. Стандартизация <i>IP</i> -телефонии	27
2.2.4. Показатели качества <i>IP</i> -телефонии	30
2.2.5. Методы кодирования речевой информации.....	31
2.3. Описание лабораторной установки	33
2.3.1. Характеристика аппаратной части.....	33
2.3.2. Характеристика программных средств	34
2.4. Порядок выполнения лабораторной работы	36
2.5. Содержание отчета по лабораторной работе	38
2.6. Контрольные вопросы	38
2.6.1. Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы	38
2.6.2. Вопросы для защиты лабораторной работы	39
Библиографический список	40
Приложение А. Порядок калибровки анализатора спектра СК 4-56.....	41
Приложение Б. Особенности настройки звукового оборудования на стороне передачи	42

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ADSL

1.1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является изучение принципов организации технологии *ADSL* и экспериментальное определение характеристик оборудования *ADSL* в различных режимах работы.

1.2. Теоретическая часть

1.2.1. Принципы организации технологии *xDSL*

В настоящее время в мире существует более 700 млн. телефонных каналов, которые могут использоваться для организации систем цифровой связи [1]. Развитие мировой технологии в этом направлении привело к появлению цифровой абонентской линии (*Digital Subscriber Line, DSL*), которая позволяет любому абоненту проводной телефонной связи, получить для использования цифровой канал со скоростью передачи данных от 32 кбит/с до 50 Мбит/с. При этом скорость передачи данных зависит только от параметров и протяженности этой линии [2].

Таким образом, *DSL* представляет собой семейство технологий высокоскоростного доступа к сетевым услугам по существующей проводной абонентской линии. В аббревиатуре *xDSL* дополнительный символ «х» используется для обозначения конкретного типа технологии цифровой абонентской линии *DSL*.

Пользователь *xDSL* получает одновременное обслуживание двух сетей — телефонной и компьютерной, т.е. он может одновременно пользоваться обычным телефоном и подключенным к цифровому каналу компьютером.

К семейству технологий *xDSL* относятся: *ADSL*, *HDSL*, *RADSL*, *SDSL*, *SHDSL*, *VDSL*. Основным различием данных технологий является вид модуляции, используемый для кодирования данных. Некоторые технические характеристики технологий приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 — Характеристики технологий *xDSL*

Технология <i>xDSL</i>	Максимальная скорость (прием/передача), Мбит/с	Максимальное расстояние, км	Число телефонных пар	Основное применение
<i>ADSL</i>	24 / 3,5	5,5	1	Доступ в Интернет, голос, видео, <i>HDTV</i>
<i>HDSL</i>	2 / 2	4,5	2	Объединение сетей, поток <i>E1</i>
<i>SDSL</i>	2 / 2	3	1	Объединение сетей, поток <i>E1</i>
<i>VDSL</i>	65 / 35	1,5	1	Объединение сетей, <i>HDTV</i>
<i>SHDSL</i>	2,32 / 2,32	7,5	1	Объединение сетей
<i>UADSL</i>	1,5 / 0,384	3,5	1	Интернет, голос, видео

1.2.2. Типовая схема организации ADSL

Ассиметричная цифровая абонентская линия (*Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL*) обеспечивает асимметричный обмен данными, т.е. скорость передачи от сети к пользователю существенно выше, чем скорость передачи данных от пользователя в сеть. Такой подход оправдан в большинстве практических случаев, так как пользователь в основном посылает запросы на получение информации, а сервер передает ему запрошенные данные.

Построения технологии *ADSL* основано на следующих принципах:

- 1) организация асимметричного обмена данными;
- 2) минимальный объем работ при внедрении, поскольку технология *ADSL* изначально ориентирована на массовое внедрение;
- 3) при любых нарушениях в оборудовании или сети Интернет традиционная телефонная связь должна работать;
- 4) использование существующих абонентских линий телефонной сети, в любом техническом состоянии.

На рис. 1.1 показан процесс преобразования обычного телефонного подключения (рис. 1.1, а) в систему абонентского широкополосного доступа *ADSL* (рис. 1.1, б). На рис. 1.1 использованы следующие обозначения: АТС — автоматическая телефонная станция, *DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)* — мультиплексор доступа цифровой абонентской линии.

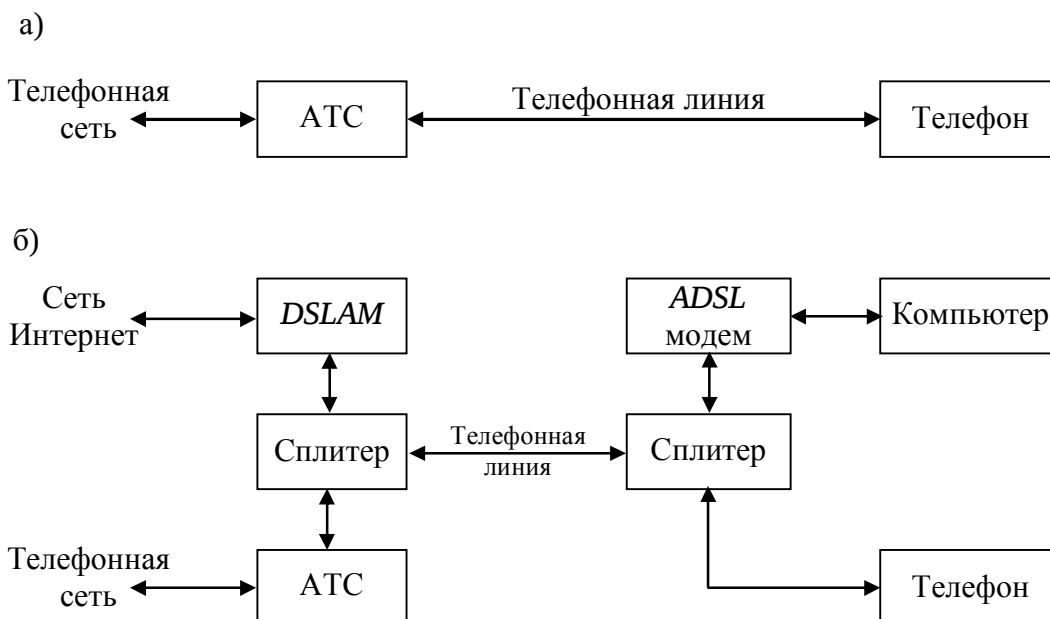


Рис. 1.1 — Преобразование телефонного соединения в соединение *ADSL*

Оборудование *DSLAM* выполняет функции преобразования сигналов *ADSL* в ячейки *Asynchronous Transfer Mode (ATM)*, которые затем передаются в сеть.

Разделение сигналов по направлению к абоненту и от абонента производится методом частотного разделения. В качестве примера на рис. 1.2 показан один из вариантов распределения частот для системы *ADSL*. Частотный

диапазон, занимаемый спектром сигнала, передаваемого по абонентской линии, делится на три участка (рис. 1.2):

- диапазон частот сигналов традиционной телефонии от 0,3 до 4 кГц;
- диапазон частот для *ADSL* линии «вверх» от 26 до 138 кГц (передача в направлении от абонента);
- диапазон частот для *ADSL* линия «вниз» от 140 до 1100 кГц (передача в направлении к абоненту).

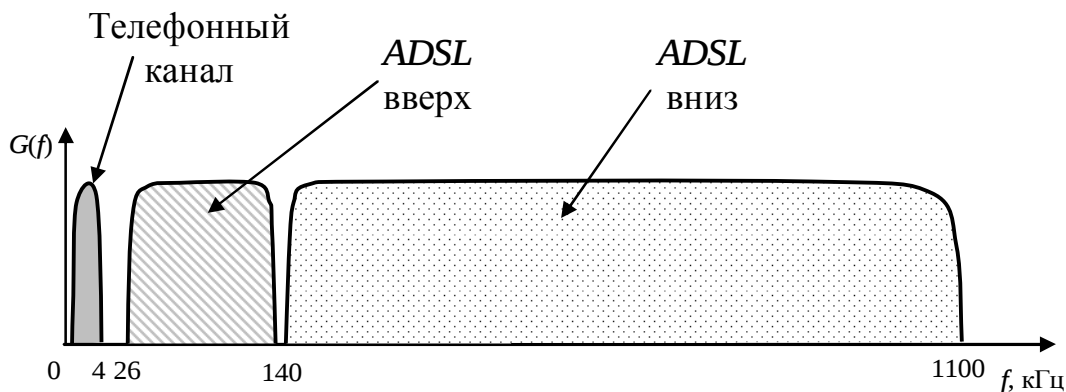


Рис. 1.2 — Распределение диапазона частот между сигналами телефонного канала и *ADSL*

Для обеспечения частотного разделения сигналов по обеим сторонам телефонной линии устанавливаются разветвители сигналов (сплитеры), которые выполняют функции разделения между цепями телефонии и широкополосного доступа *ADSL* (см. рис. 1.1). Сплитеры представляют собой пассивные устройства, выполненные на основе двух фильтров: ФВЧ и ФНЧ. Технология *ADSL* стандартизирована в рекомендациях *ITU-T G992.1*. Соответственно рекомендации, определяющие применение технологии *ADSL* поверх обычной телефонной линии, приведены в Приложении А (*Annex A*) к этому стандарту, а описание технологии *ASDL* поверх *ISDN* — в Приложении В (*Annex B*). На отечественных сетях системы *ISDN* используются редко, но возможно использование *ADSL Annex B*, когда частоты в диапазоне до 80 кГц используются для передачи телефонного сигнала и сигнала систем охраны, а частоты более 80 кГц используются для *ADSL*.

1.2.3. Характеристика сигнальных преобразований на уровне *ADSL*

Процесс формирования сигнала *ADSL* можно представить в виде последовательности операций преобразования сигналов, приведенной в табл. 1.2.

Сначала данные преобразуются в поток ячеек *ATM*. При этом формируется до семи независимых потоков ячеек. После чего мультиплексор формирует цикловую и сверхцикловую структуру данных, к полученным данным в виде кадров добавляются поля контроля ошибок и выполняется прямое корректирующее кодирование.

Таблица 1.2 — Операции формирования сигналов в системе *ADSL*

Номер этапа	Наименование операции
1	Формирование данных
2	Формирование ячеек <i>ATM</i>
3	Образование цикла
4	Образование сверхцикла
5	Прямое корректирующее кодирование
6	Скремблирование
7	Формирование сигналов 256 <i>DMT</i>
8	Модуляция <i>QAM</i> на каждой несущей

Самым продолжительным по времени элементом сигнала *ADSL* является сверхкадр, который имеет длительность 17 мс и состоит из 68 информационных кадров, пронумерованных от 0 до 67, и одного кадра синхронизации. Каждый кадр *ADSL*, включая кадр синхронизации, соответствует одному *ADSL* символу. Частота следования кадров составляет 4,0588 кГц, а частота следования информационных кадров — 4 кГц.

Полученный поток проходит процедуру скремблирования, за счет чего обеспечивается линеаризация его параметров. Последующее кодирование кодом, исправляющим ошибки (прямое корректирующее кодирование) выполняется кодом Рида-Соломона [3].

В *ADSL* используется параллельная передача сигналов на большом множестве сигналов переносчиков методом дискретной многотональной модуляции (*Discrete Multi Tone, DMT*). Для формирования *ADSL* сигнала в канале используется 256 несущих частот, которые разнесены по частоте на 4312,5 Гц. Это означает, что в канале передачи работает 256 мини-модемов, каждый из которых передает информацию на своей несущей частоте. Такая методика позволяет повысить эффективность использования полосы частот за счет возможности учета любых селективных шумовых влияний на параметры передачи.

Часть несущих частот используется для передачи данных по линии «вверх» (номера несущих частот для *ADSL* — 6...35), часть — для передачи по линии «вниз» (номера несущих частот для *ADSL* — 45...256), (см. рис. 1.2). Передача данных на каждой несущей частоте осуществляется посредством многопозиционной амплитудно-фазовой манипуляции (*Quadrature Amplitude Modulation, QAM*).

Для *ADSL* число битов на одну несущую может составлять от 2 до 15 включительно или быть равным нулю (в *ADSL2* и *ADSL2+* обеспечивается возможность передачи одного бита в канале) [3]. Пример распределения подлежащих передаче битов по несущим частотам показан на рис. 1.3.

Метод *DMT* известен также как ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием (*Orthogonal frequency-division multiplexing, OFDM*).

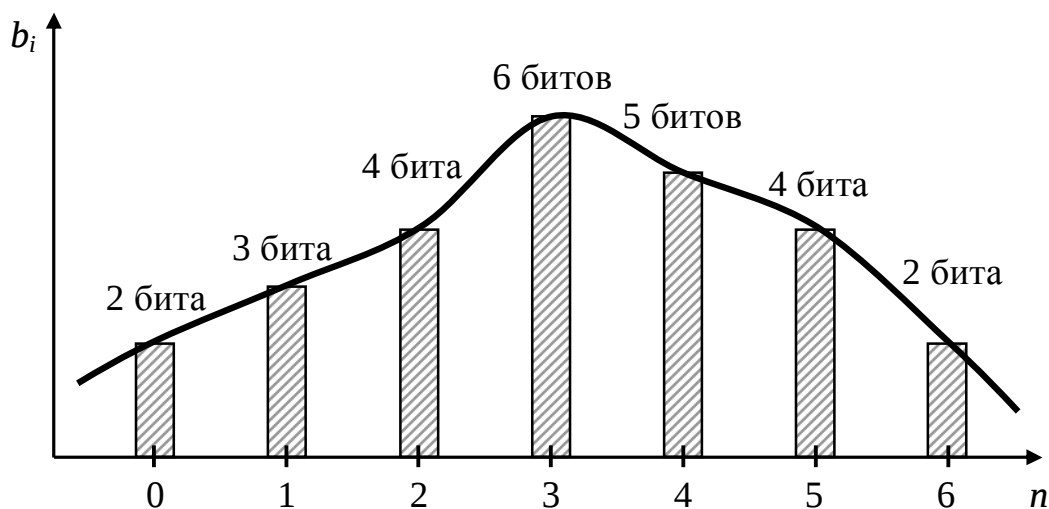


Рис. 1.3 — Пример распределения числа передаваемых битов по несущим частотам

Основным преимуществом *OFDM* по сравнению с методом одной несущей является способность противостоять сложным условиям в канале. Например, бороться с узкополосными помехами и частотно-избирательным затуханием, без использования сложных фильтров-эквалайзеров. Канальная эквалализация упрощается вследствие того, что *OFDM* сигнал может рассматриваться как множество медленно модулируемых узкополосных сигналов, а не как один быстро модулируемый широкополосный сигнал.

Максимальное число несущих частот, которое может быть использовано для передачи «вниз» и «вверх» при использовании стандарта *ADSL* не превышает 255.

Практически число используемых несущих частот для модема *ADSL* достигает 200. Некоторые несущие частоты, например, с номерами 16 и 64 (69 и 276 кГц) рекомендованы для стандарта *ADSL* в качестве пилот-сигналов для передачи синхронизирующей информации соответственно «вверх» и «вниз».

1.2.4. Адаптация параметров модуляции к характеристикам линии в системах *ADSL*

При использовании технологии *DMT* объем передаваемой информации на отдельной несущей частоте зависит от соотношения сигнал-шум на данной частоте. В процессе установления связи модем и *DSLAM* выполняют диагностику отношения сигнал-шум на каждой несущей частоте. Если на несущей частоте отношение сигнал-шум оказывается небольшим, то число передаваемых бит в единицу времени на ней устанавливается меньшим. В результате распределение скорости передачи по частоте в абонентской линии повторяет зависимость сигнал-шум от частоты.

Кроме того, технология *DMT* сочетается с методом *Quadrature Amplitude Modulation (QAM)*.

Происходит это в следующем порядке:

- в процессе настройки параметров передачи или приема на отдельной несущей частоте устанавливается уровень передачи сигнала;
- определяется отношение сигнал-шум для данной несущей частоты;
- выбирается допустимый для данного отношения сигнал-шум вариант модуляции *QAM*.

За счет применения такой методики регулируется уровень помехозащищенности передачи и допустимой скорости передачи на данной несущей частоте. В качестве примера рассмотрим вариант абонентской линии, в которой присутствует неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и селективная помеха, что показано на рис. 1.4.

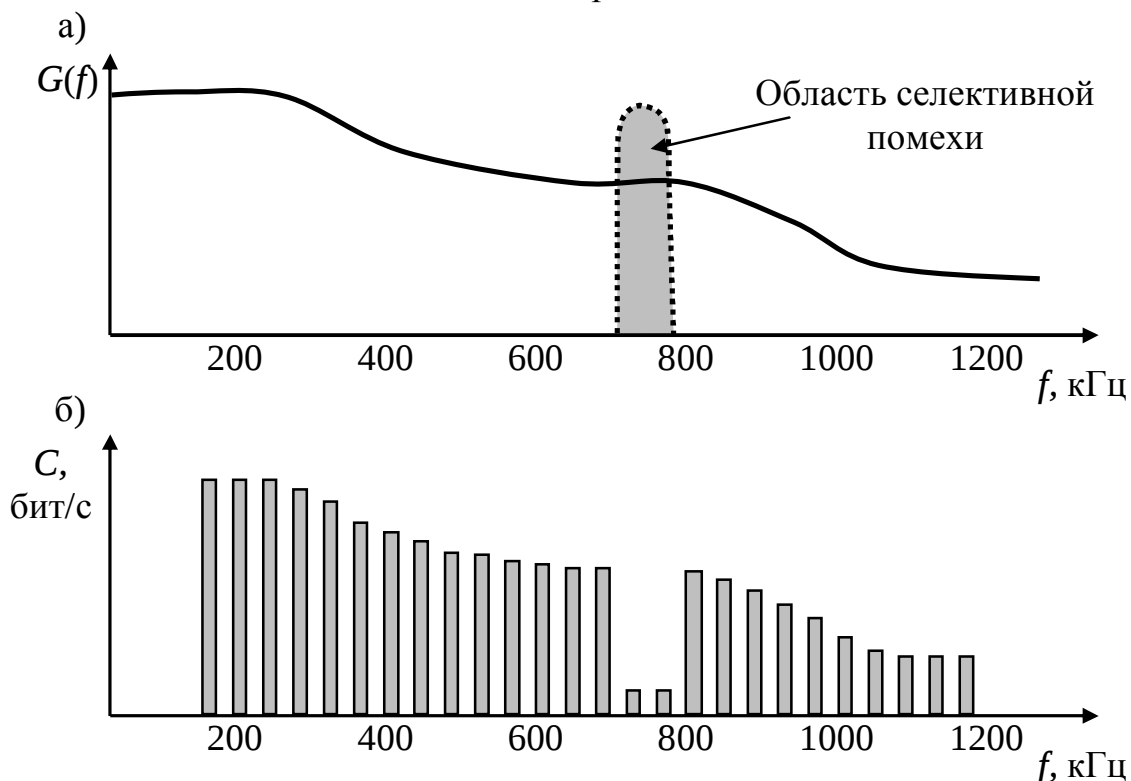


Рис. 1.4 — Пример влияния АЧХ канала и шумов (а) на распределение скорости передачи информации по несущим частотам (б)

Неравномерность АЧХ приводит к тому, что на различных частотах используются различные варианты *QAM*. Наличие селективной помехи в определенном диапазоне частот делает передачу на нескольких несущих затруднительной, поэтому для них выбирается более помехозащищенный вариант модуляции *QAM* с меньшим числом возможных сигналов. В результате скорость передачи информации на «поврежденных» несущих будет минимальной, но передача все равно — успешной.

Следовательно, в *ADSL* системах нельзя говорить о двух отдельных технологиях модуляции сигнала. Существует единый двухшаговый алгоритм *DTM/QAM*, адаптирующий передачу цифрового потока к параметрам абонентской линии.

1.2.5. Стандарты *ADSL*

Развитие технологии *ADSL* можно проследить по данным табл. 1.3. В

настоящее время актуален стандарт *ITU G.992.5*, последняя редакция которого была принята в 2009 году [4]. Рассмотрим краткую характеристику различных вариантов *ADSL*.

Таблица 1.3 — Стандарты технологии *ADSL*

Название стандарта <i>ITU</i>	Общее название	Год принятия (изменения)	Максимальная скорость, Мбит/с	
			«вниз»	«вверх»
<i>G.992.1</i>	<i>ADSL (G.DMT)</i>	1999	8	1
<i>G.992.2</i>	<i>ADSL G.Lite</i>	1999	1,5	0,5
<i>G.992.3/4</i>	<i>ADSL2</i>	2002	12	1
<i>G.992.3/4</i>	<i>RE ADSL2 Annex L</i>	2002	12	1
<i>G.992.3/4</i>	<i>ADSL2 Annex J</i>	2002	12	3,5
<i>G.992.5</i>	<i>ADSL2+</i>	2003	24	1
<i>G.992.5</i>	<i>RE ADSL2+ Annex L</i>	2003 (2009)	24	1
<i>G.992.5</i>	<i>ADSL2+ Annex M</i>	2003 (2009)	24	3,5

Вариант *ADSL G.Lite* ориентирован на использование более простого в установке и более дешевого оборудования, чем оборудование для *ADSL*. В частности, выполнено введение сплитера в состав модема.

Вариант *ADSL2* является усовершенствованной версией *ADSL*. Доступная полоса пропускания абонентского канала (частотный диапазон 25...1107 кГц) разделена на каналы (25 на передачу и 224 на прием). Увеличение скорости передачи обусловлено внесением ряда усовершенствований:

1) более гибкое и эффективное построение кадра позволившее управлять скоростью передачи служебной информации (от 4 до 64 кбит/с), то есть появилась возможность уменьшить ее объем, и, следовательно, увеличить скорость передачи полезной информации;

2) обновлены процедуры диагностики линии, предназначенные для мониторинга характеристик линии во время работы;

3) добавлена поддержка однобитовых кодовых созвездий, что позволило получить большую дальность работы на малых скоростях;

4) введение фоновой адаптации скорости (*Seamless Rate Adaptation, SRA*), которое позволило системам *ADSL2* изменять скорость передачи данных во время работы без разрыва связи или появления ошибок;

5) добавлена функция регулирования потребляемой мощности: *L0* — режим постоянной передачи информации, *L2* — режим низкого потребления (потребляемая мощность зависит от характера трафика), *L3* — спящий режим (включается если информация длительно не передается).

Вариант *ADSL2+* обеспечивает значительное увеличение скорости передачи информации в нисходящем канале (до 24 Мбит/с) за счет двукратного расширения полосы частот до 2,208 МГц (см. рис. 1.5).

Вариант *ADSL2+ Annex M* позволяет значительно увеличить скорость передачи в канале от абонента «вверх» за счет перераспределения частотного

ресурса. Как показано на рис. 1.5, в этом случае предусмотрено увеличение полосы частот канала «вверх» за счет уменьшения полосы частот канала к абоненту «вниз». Стандарт G.992.5 предусматривает увеличение граничной частоты f_1 в диапазоне от 138 до 276 кГц [4].

На рис. 1.6 изображена спектральная маска для передатчика модема в режиме *Double Upstream*.

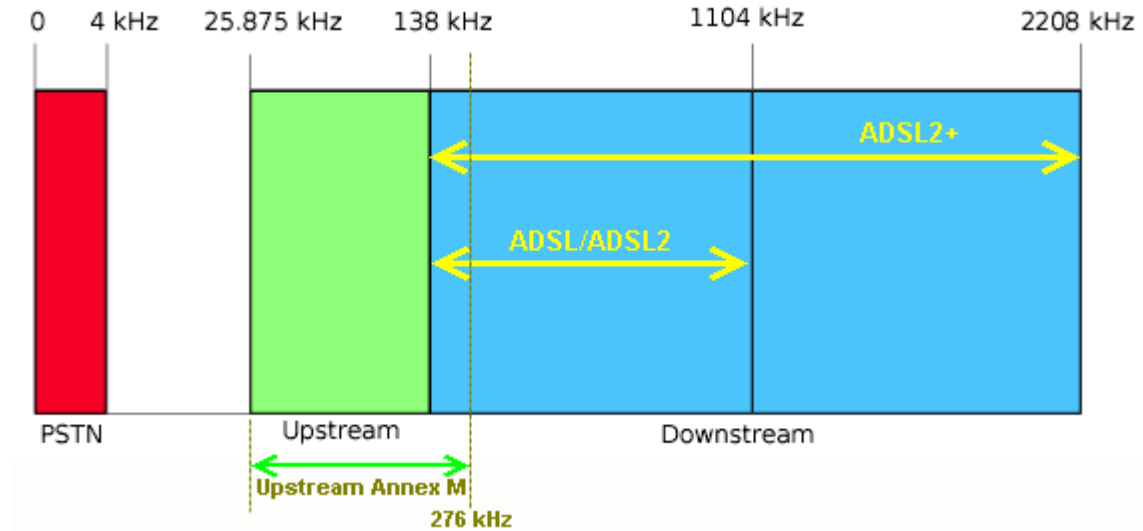


Рис. 1.5 — Схема использования диапазона частот *ADSL*, *ADSL2* и *ADSL2+*

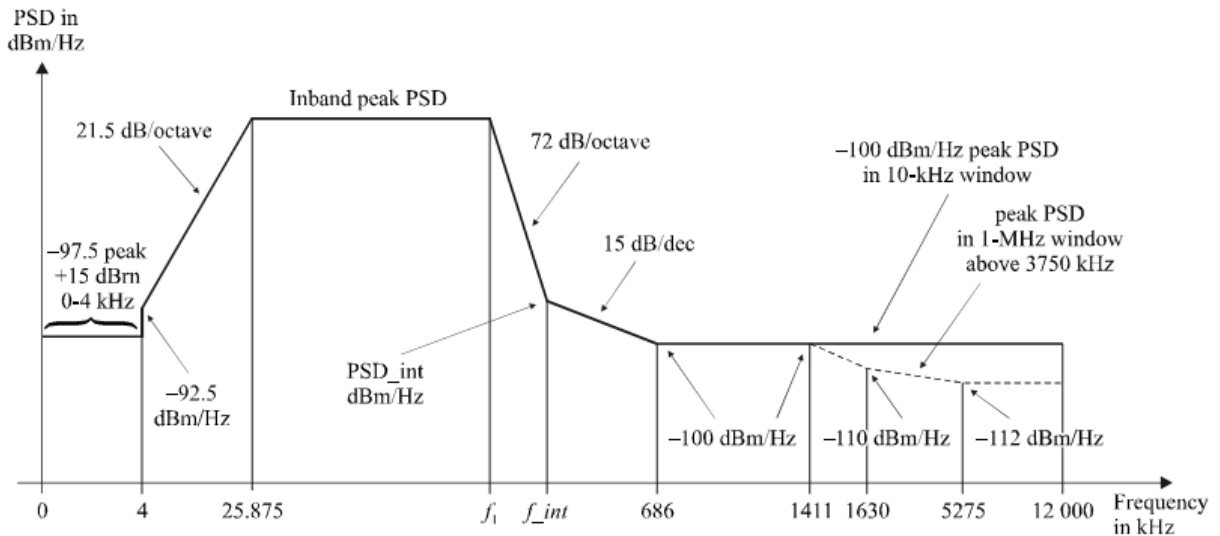


Рис. 1.6 — Спектральная маска для передатчика модема *ADSL2+*

Низкочастотная граница полосы пропускания в этом случае по отношению к *ADSL* не изменяется и выбрана 25,875 кГц. Высокочастотная граница полосы пропускания частота f_1 может принимать девять значений (138; 155,25 ; 172,5; 189,75; 207; 224,25; 241,5; 258,75; 276) кГц. При этом максимальное значение частоты $f_1=276$ кГц позволяет обеспечить максимальную скорость передачи по направлению «вверх» — 3,5 Мбит/с.

Вариант *READSL2 Annex L* решает задачу обеспечения большей дальности работы и предназначен для работы на удалении от *DSLAM* более 5 км.

Вариант *ADSL2 Annex J* — «цифровой» режим работы *ADSL2* без выделения ресурса для передачу сигналов традиционной телефонной связи. Ос-

новное преимущество этого варианта — увеличение скорости передачи данных по линии «вверх» за счет выделения несущих частот с номерами от 1 до 63.

Практически достижимая скорость передачи информации зависит от дальности линии и других факторов. На рис. 1.7 изображены зависимости скорости передачи информации в направлении «вниз» от длины кабеля типа ТП при различной спектральной плотности мощности помех на входе приемника *ADSL* и *ADSL2+* при диаметре жилы телефонного кабеля 0,5 мм [3].

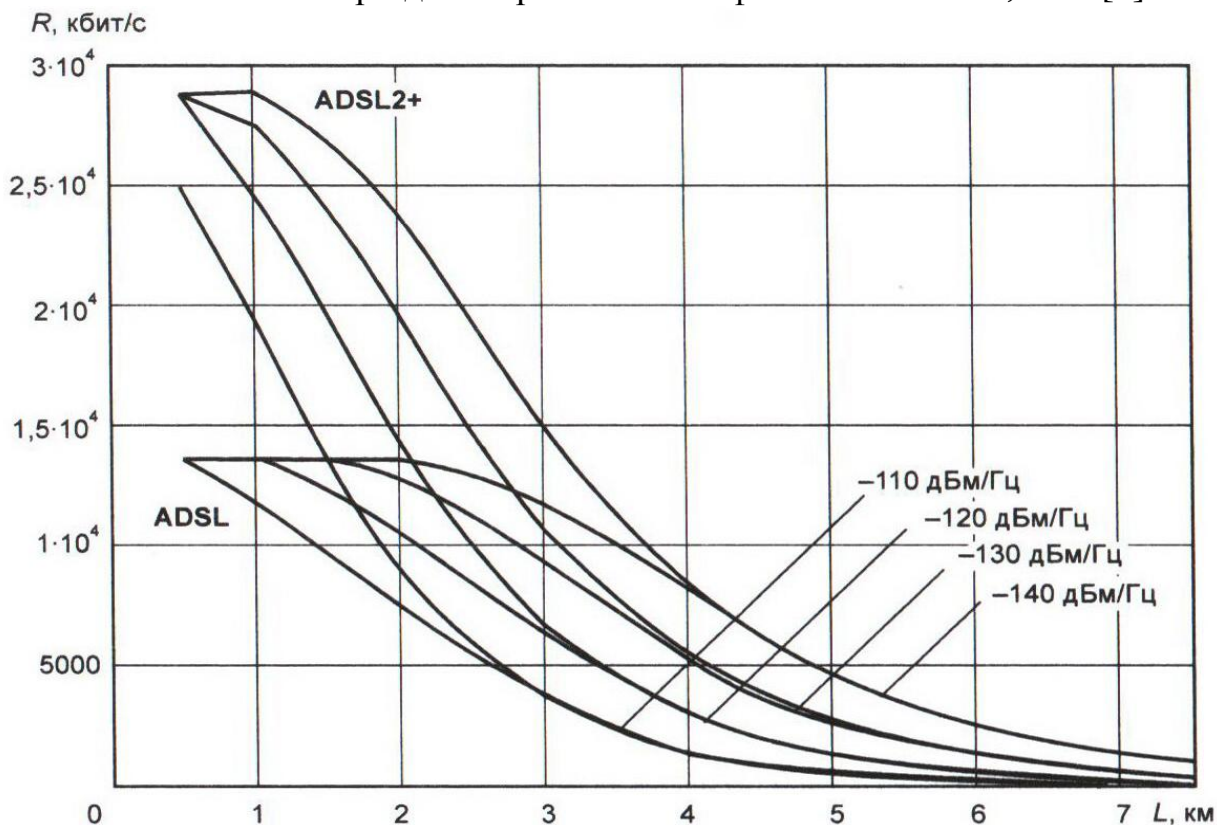


Рис. 1.7 — Зависимость скорость передачи информации от протяженности линии

1.3. Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется с использованием модемов *Zyxel* «P660HTW2 EE», которые представляют собой интернет-центр для подключения по технологии *ADSL2+* с двухдиапазонным модемом *Annex A/B*, точкой доступа *Wi-Fi* стандарта *IEEE 802.11g* и четырехпортовым коммутатором. Модем работает как на обычной телефонной линии (*Annex A*), так и на линии с сигнализацией (*Annex B*) и позволяет подключить ТВ-приставку для приема цифрового телевидения *IPTV*. Основные характеристики устройства:

- автоматический выбор модуляции;
- автоматический выбор скорости *G.hs* (G.994.1);
- *RADSL* (ANSI T1.413 Issue 2);
- *G.dmt over POTS* (ITU G.992.1 Annex A);
- *G.dmt over ISDN* (ITU G.992.1 Annex B);
- *G.lite* (G.992.2);

- *ADSL2 G.dmt.bis (G.992.3), ADSL2 G.lite.bis (G.992.4);*
- *ADSL2+ (G.992.5);*
- поддержка *Annex M;*
- поддержка *Annex L (RE ADSL).*

Модем обеспечивает подключение устройств в беспроводном режиме в соответствии со стандартом *IEEE 802.11b/g* при использовании аутентификации по протоколам *WPA / WPA-PSK / WPA2 / WPA2-PSK* [5].

Упрощенная структурная схема лабораторной установки изображена на рис. 1.8. На схеме показано два персональных компьютера (ПК), однако при выполнении лабораторной работы используется один ПК с подключением к модему по интерфейсу *Ethernet* (ПК 2 на рис. 1.8).

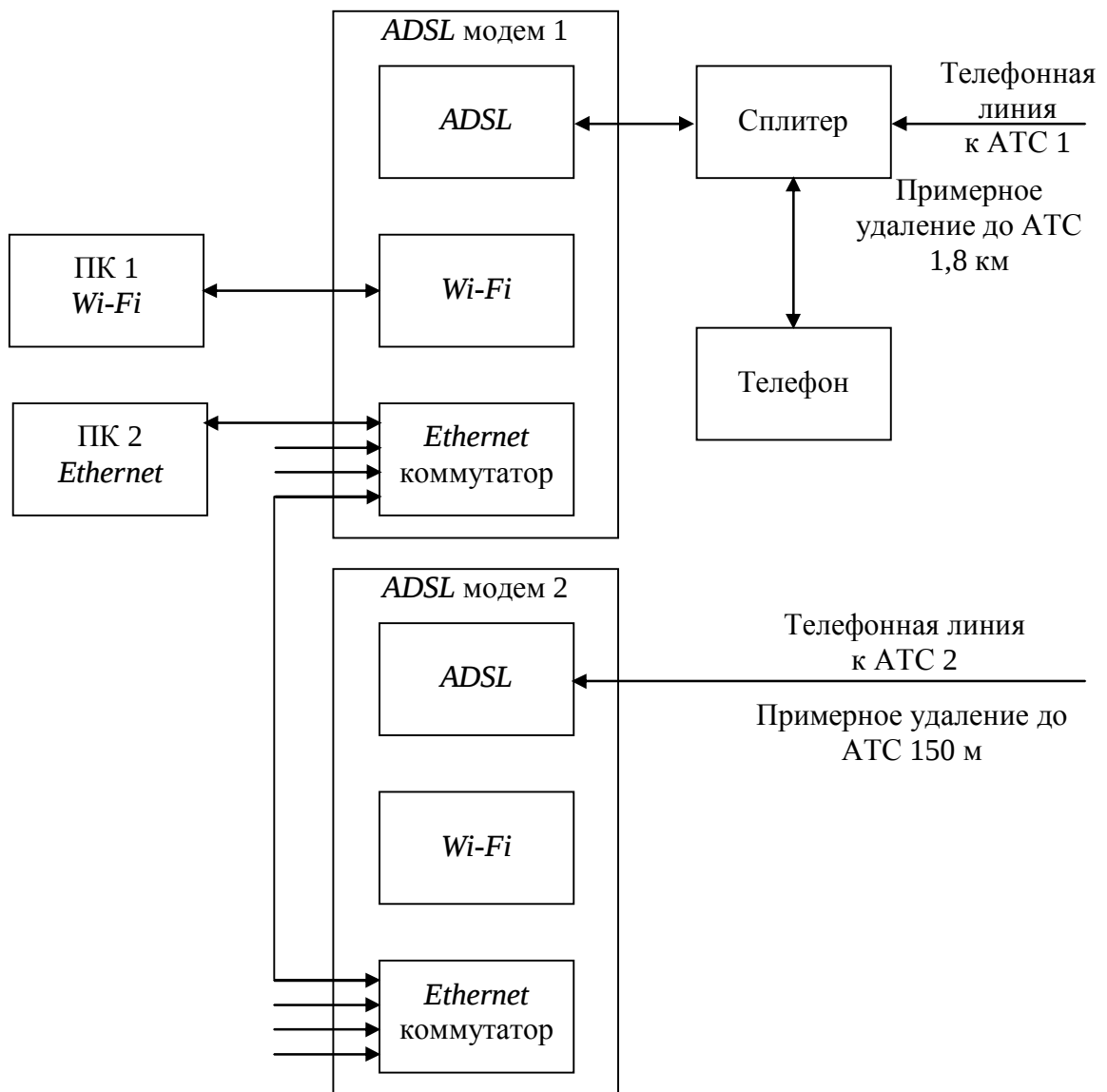


Рис. 1.8 — Структурная схема подключения лабораторного оборудования

Используемые в лабораторной работе модемы работают как точки доступа ООО «Укртелеком» в режиме хот-спот [6]. Для использования услуги доступа к Интернет «ОГО!Wi-Fi» с компьютера или телефона пользователя следует подключиться к беспроводной сети «UKRTELECOM» или

«UKRTELECOM2» и появившееся окно ввести регистрационные данные — логин и пароль.

Регистрационные данные предоставляются пользователям проводного подключения к Интернет «ОГО» без дополнительной оплаты с ограничением объема 10 Гбайт в месяц, либо владельцам карточек «ВСЕсвіт плюс», которые продаются в отделениях ООО «Укртелеком».

При работе модема в режиме хот-спот доступ к сети Интернет по проводному каналу не предусмотрен.

1.4. Порядок выполнения лабораторной работы

Проверка работоспособности оборудования

1) Выполнение лабораторной работы производится на ПК 2 (см. рис. 1.8). Далее по тексту — ПК.

2) Проверить на ПК наличие соединения с *ADSL* модемом №1 с помощью команды *ping* 192.168.1.1. Для этого нажать «Пуск» — «Выполнить», и в поле «Открыть» набрать *CMD*, завершив ввод нажатием кнопки «ОК». В поле ввода командной консоли *Windows* набрать команду *ping* 192.168.1.1 .

Зафиксировать в электронный протокол среднее значение временной задержки отклика (для этого открыть документ *MS Word* и выполнить вставку копии окна в документ *MS Word*).

3) Проверить на ПК наличие соединения с *ADSL* модемом №2 с помощью команды *ping* 192.168.1.2. Зафиксировать в электронном протоколе среднее значение временной задержки отклика.

Примечание. Для взятия копии окна активной программы в буфер обмена *Windows* необходимо нажать комбинацию клавиш *Alt* — *PrintScreen*.

Определение параметров *ADSL* соединения

4) Используя тестовую программу *OrbMT Ver.3.42*, сохранить график распределения информации на тональных поднесущих частотах для модема №1. Ярлык для запуска программы «*OrbMT 1*» располагается на рабочем столе компьютера. После запуска программы следует нажать кнопку *Refresh*. В случае если программа не может установить соединение с модемом, следует проверить тип выбранного модема на закладке «*Settings*» в поле «*Modem type*» и ввести пароль для соединения по протоколу *telnet* (совместно с преподавателем).

Пример результата тестирования показан на рис. 1.9. Сохранить результат тестирования в электронном протоколе.

5) Используя тестовую программу *OrbMT Ver. 3.42*, сохранить график распределения информации на тональных поднесущих частотах для модема №2. Ярлык для запуска программы «*OrbMT 2*» располагается на рабочем столе компьютера. После запуска программы следует нажать кнопку *Refresh*.

Если программа не может установить соединение с модемом, следует проверить тип выбранного модема на закладке «*Settings*» в поле «*Modem*

type» и ввести пароль для соединения по протоколу *telnet* (совместно с пре-подавателем).

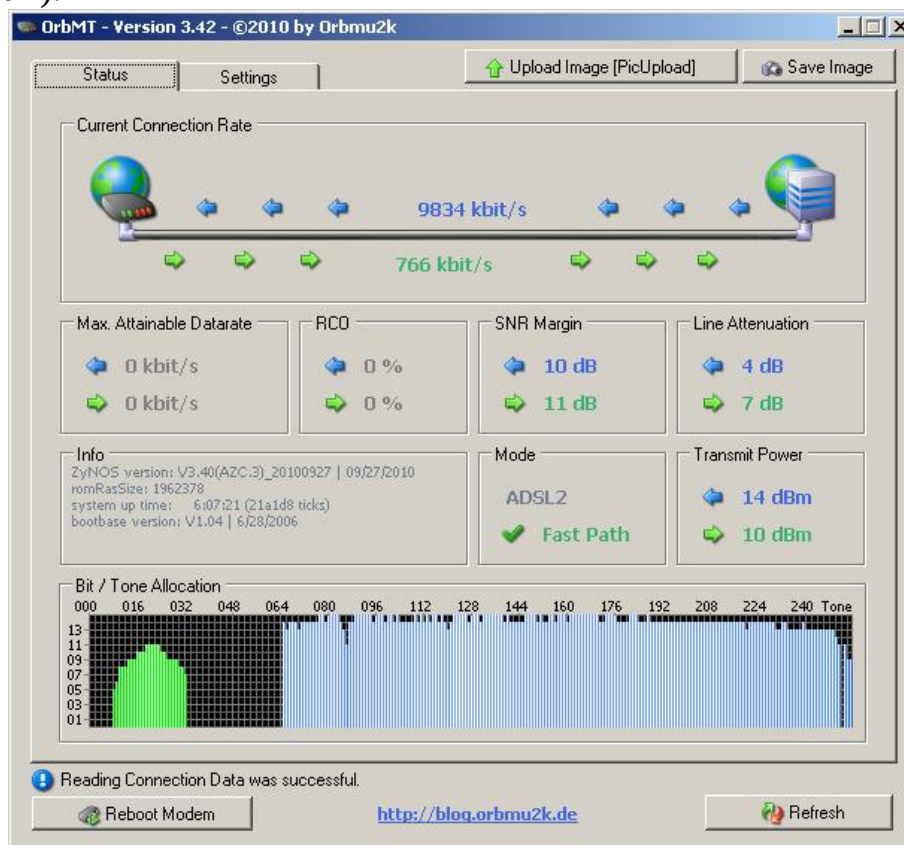


Рис. 1.9 — Результат тестирования *DSL* линии программой *OrbMT*

6) Отключить кабель телефонной линии от модема №2 и выполнить перезагрузку модема №1, для чего нажать кнопку «*Reboot Modem*» в окне программы «*OrbMT 1*».

7) Проконтролировать загрузку модема №1 по индикаторам на передней панели модема. Используя тестовую программу «*OrbMT 1*», сохранить график распределения информации на тональных поднесущих частотах для модема №1 (для этого нажать кнопку *Refresh*).

8) Отключить кабель телефонной линии от модема №1, вернуть штатное подключение к телефонной линии для модема №2 и выполнить перезагрузку модема №2. Для этого нажать кнопку «*Reboot Modem*» в окне программы «*OrbMT 2*».

9) Проконтролировать загрузку модема №2 по индикаторам на передней панели модема. Используя тестовую программу «*OrbMT 2*», сохранить график распределения информации на тональных поднесущих частотах для модема №2 (для получения информации нажать кнопку *Refresh*).

Проверка работы модема в условиях ухудшения параметров линии связи

10) Установить фильтр №1 в разрыв телефонной линии модема № 2 и выполнить перезагрузку модема №2. При этом телефонный кабель, подведенный к модему №1, должен быть отключен.

11) Проконтролировать загрузку модема №2 по индикаторам на передней панели модема. Используя тестовую программу «*OrbMT 2*», сохранить график распределения информации на тональных поднесущих частотах для модема №2 (для получения информации нажать кнопку *Refresh*).

12) Установить фильтр №2 в разрыв телефонной линии модема №2 и выполнить перезагрузку модема №2. При этом телефонный кабель к модему №1 должен быть отключен.

13) Проконтролировать загрузку модема №2 по индикаторам на передней панели модема. Используя тестовую программу «*OrbMT 2*», сохранить график распределения информации на тональных поднесущих частотах для модема №2 (для получения информации нажать кнопку *Refresh*).

14) Установить последовательно фильтры №1 и №2 в разрыв телефонной линии модема № 2 и выполнить перезагрузку модема №2. При этом телефонный кабель к модему №1 должен быть отключен.

15) Проконтролировать загрузку модема №2 по индикаторам на передней панели модема. Используя тестовую программу «*OrbMT 2*», сохранить график распределения информации на тональных поднесущих частотах для модема №2 (для получения информации нажать кнопку *Refresh*).

Исследование свойств ADSL соединения для различных протоколов

16) Отключить дополнительные фильтры и восстановить штатное подключение к телефонной линии для модема №1. Телефонный кабель, подведенный к модему №2, оставить в не подключенном состоянии. Выполнить перезагрузку модема №1.

17) Выполнить аппаратный сброс настроек модема №1. Для этого следует нажать и удерживать в нажатом состоянии кнопку *RESET* на устройстве, до тех пор, пока индикатор *POWER* не начнет мигать (примерно 10...15 с.). После этого отпустите кнопку *RESET* (выполнять совместно с преподавателем).

Кнопка *RESET* располагается на задней панели устройства, между разъемом подключения источника питания и группой разъемов *Ethernet* коммутатора. Нажатие кнопки *RESET* можно выполнить разогнутой скрепкой или спичкой.

После выполнения аппаратного сброса: модем получит *IP* адрес 192.168.1.1; в модеме будет включен сервер *DHCP* для назначения *IP* адресов внешним устройствам; для входа в программу конфигурирования будет назначен пароль 1234.

18) Выполнить запуск программы конфигурирования модема. Для этого в строке адреса браузера *Internet* ввести *IP* адрес модема 192.168.1.1 и завершить ввод нажатием клавиши *Enter*. Для входа в программу использовать пароль — 1234. На предложение модема на изменения пароля ответить отказом, выбрав режим «*Ignore*».

19) Произвести исследование характеристик *ADSL* линии при использовании модуляции типа *ADSL2*.

— Для этого в меню *Network* программы конфигурирования модема последовательно выбрать пункт *WAN*, а затем закладку *Internet Connection*, как показано на рис. 1.10. В окне выбора режима модуляции «*Modulation*» установить необходимый вид модуляции и нажать кнопку *Apply*.

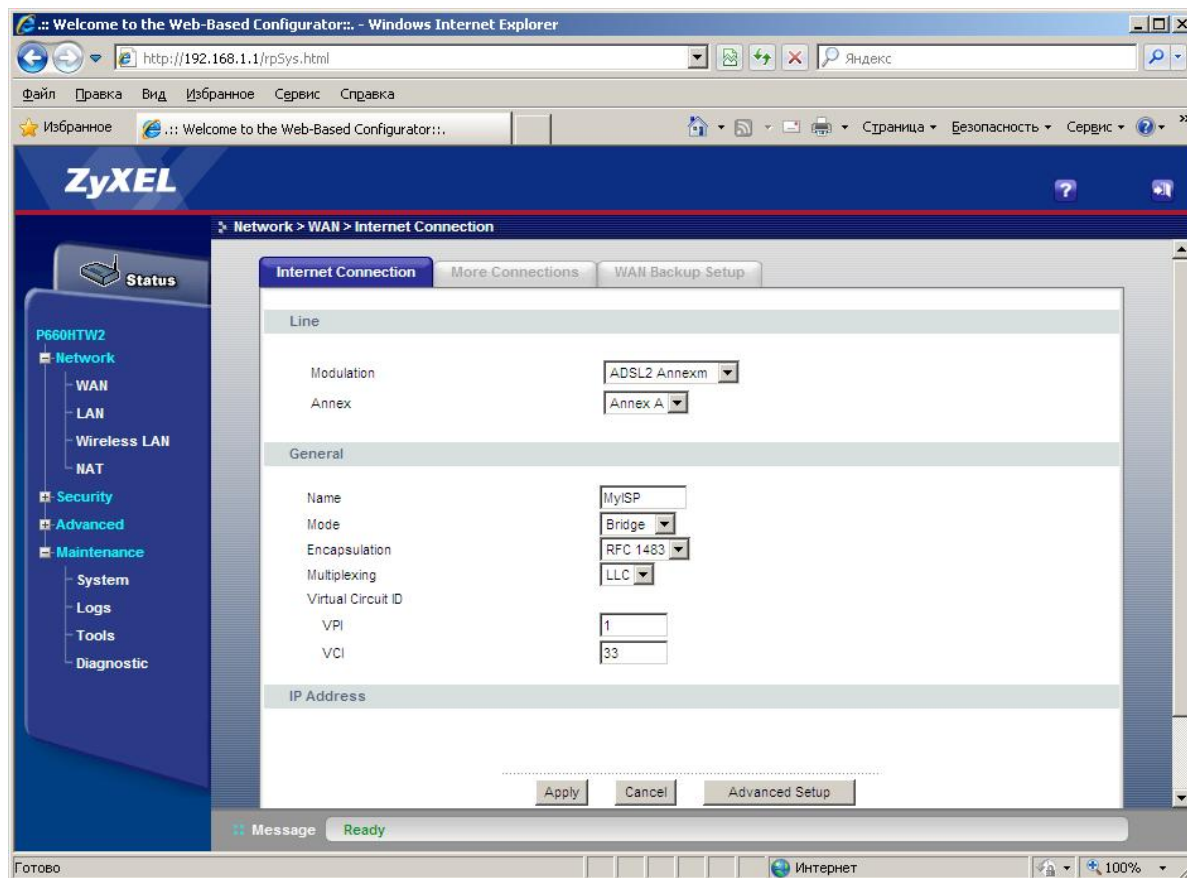


Рис. 1.10 — Внешний вид окна программы *WEB* интерфейса модема

— Проконтролировать процесс установления связи в канале по завершению периодических миганий индикатора *DSL* на передней панели модема *ZyXel «P660HTW2 EE»*.

— Зафиксировать параметры соединения при выбранном виде модуляции. Для этого в основном меню программы *WEB* интерфейса нажать кнопку *Status* расположенную в левой верхней части окна. Вид окна показан на рис. 1.11. Сохранить копию экрана в электронный протокол.

— Определить распределения информации на тональных поднесущих частотах. Для этого перейти в окно «*DSL Line*» путем активации пунктов меню *Maintenance > Diagnostic > DSL Line*. В открывшемся окне активировать команду «*DSL Line Status*» (как показано на рис. 1.12). Скопировать содержимое выведенной информации в электронный протокол лабораторной работы.

— Используя тестовую программу *OrbMT Ver. 3.42*, сохранить график распределения информации на тональных поднесущих частотах для модема №1. Для этого использовать ярлык для запуска программы «*Test 1*», который располагается на рабочем столе компьютера. После запуска программы следует нажать кнопку *Refresh*. Если программа не может установить соедине-

ние с модемом, следует проверить тип выбранного модема на закладке «*Settings*» в поле «*Modem type*» и ввести пароль «1234» для соединения по протоколу *telnet*. Пример результата тестирования показан на рис. 1.9. Сохранить результат тестирования в электронном протоколе.

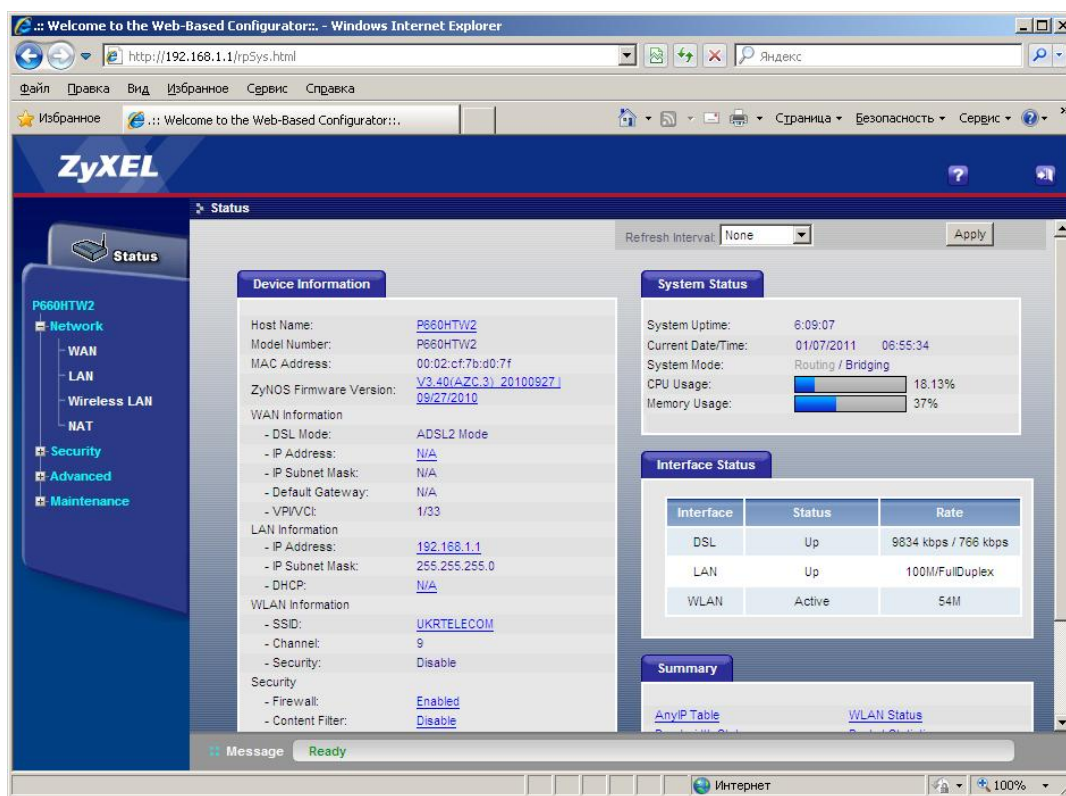


Рис. 1.11 — Параметры соединения при установленном виде модуляции

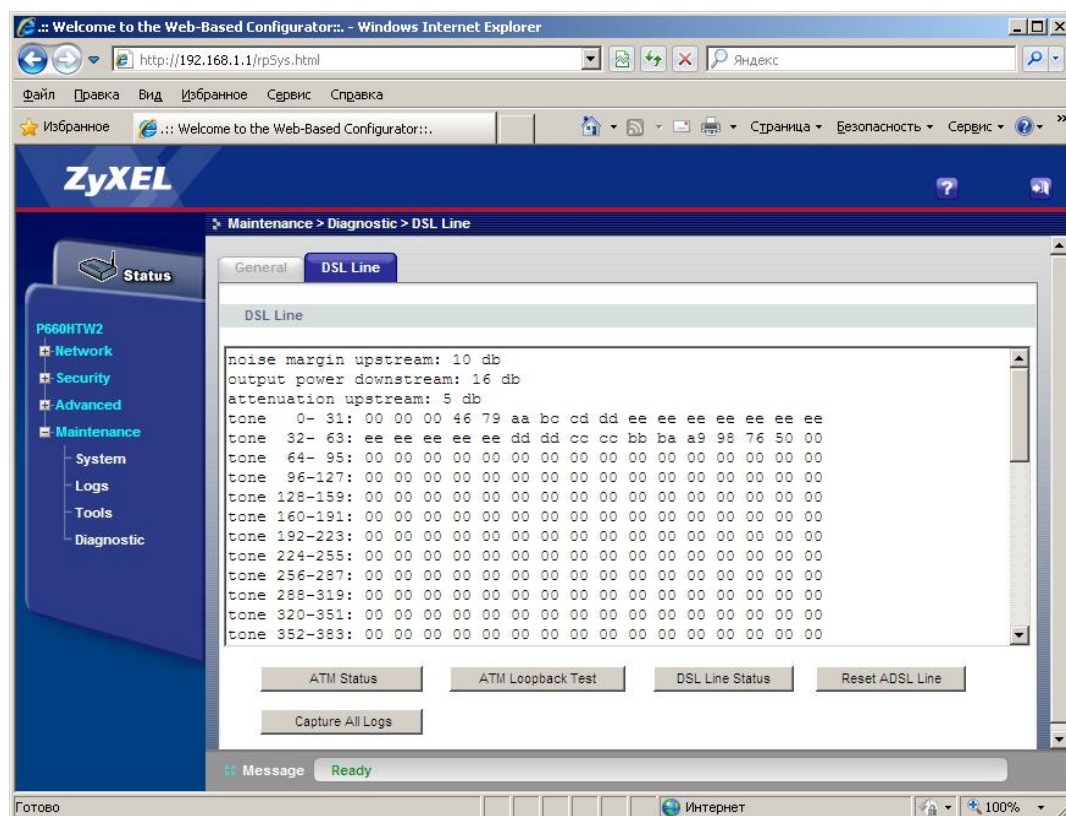


Рис. 1.12 — Окно просмотра параметров DSL линии

20) Выполнить исследование характеристик *ADSL* линии при использовании модуляции *ADSL2+*. Для этого выполнить последовательность действий (п. 19) для модуляции *ADSL2+*.

21) Выполнить исследование характеристик *ADSL* линии при использовании модуляции *ADSL2 Annex M*. Для этого выполнить последовательность действий (п. 19) для модуляции *ADSL2 Annex M*.

22) Выполнить исследование характеристик DSL линии при использовании модуляции *ADSL2+ Annex M*. Для этого выполнить последовательность действий (п. 19) для модуляции *ADSL2+ Annex M*. Завершить работу программы *OrbMT*.

23) Восстановить подключение модема №2 к телефонной линии.

24) Восстановить настройку модема №1 в режиме публичного хот-спота компании ООО «Укртелеком». Для этого запустить программу *Internet Explorer*.

Внимание! Восстановление параметров с помощью программы *Google Chrome* не допустимо, поскольку приводит к нарушению нормального функционирования модема.

Выполнить вход в программу *WEB* интерфейса (использовать *IP*-адрес 192.168.1.1), далее выбрать пункт меню *Maintenance > Tools > Configuration*. Затем в разделе «*Restore Configuration*», с помощью кнопки «Обзор» указать путь к конфигурационному файлу 2012_09_19 (файл расположен в папке «Конфигурация *ZyXel P660HTW2 EE*» на диске *D:* ПК) и нажать кнопку *Upload*, как показано на рис. 1.13.

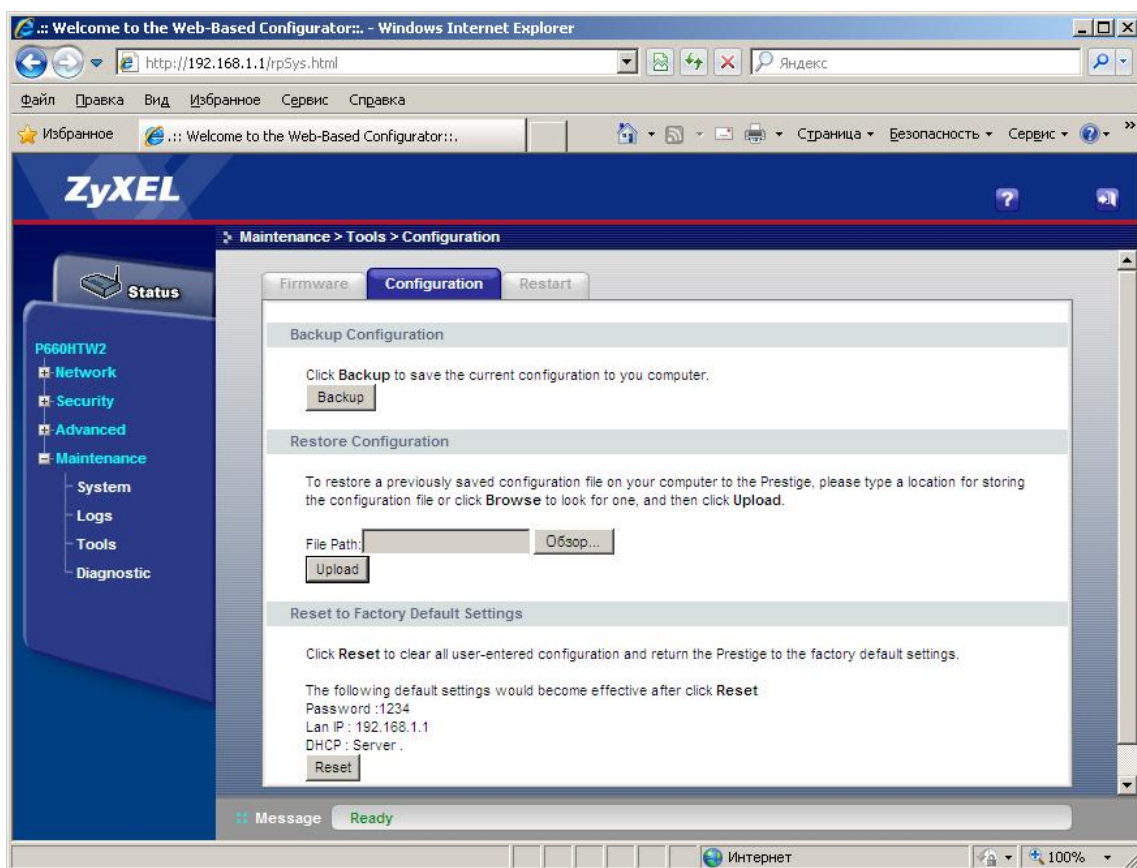


Рис. 1.13 — К выполнению восстановления конфигурации

25) Используя тестовую программу *OrbMT Ver. 3.42*, сохранить график распределения информации на тональных поднесущих частотах для модема №1 после восстановления конфигурации. Ярлык для запуска программы «*OrbMT 1*» располагается на рабочем столе компьютера. После запуска программы следует нажать кнопку *Refresh*.

1.5. Содержание отчета по лабораторной работе

1) Сформулировать цель лабораторной работы, в которой указать подробно задачи, выполняемые в ходе исследований.

2) Изобразить структурную схему лабораторной установки с указанием назначения отдельным элементов.

3) По результатам тестирования подраздела 1.4 включить в отчет копии экранов и графики зависимостей распределения информации по несущим частотам сигнала, полученные с помощью программы *OrbMT* и протоколы распределения информации на тональных поднесущих частотах в текстовом виде.

4) По результатам тестирования подраздела 1.4 выполнить систематизацию материалов и заполнить Табл. 1.4.

Таблица 1.4 — Результаты измерений

Вид модуляции	ADSL2	ADSL2+	ADSL2 Annex M	ADSL2+ Annex M
Номер выполняемого пункта задания	19)	20)	21)	22)
Уровень шума <i>downstream</i> , дБм				
Уровень мощности сигнала <i>downstream</i> , дБм				
Ослабление сигнала в направлении <i>downstream</i> , дБ				
Скорость передачи информации в направлении <i>downstream</i> , кбит/с				
Диапазон номеров используемых тональных несущих частот в направлении <i>downstream</i>				
Уровень шума <i>upstream</i> , дБм				
Уровень мощности сигнала <i>upstream</i> , дБм				
Ослабление сигнала в направлении <i>upstream</i> , дБ				
Скорость передачи информации в направлении <i>upstream</i> , кбит/с				
Диапазон номеров используемых тональных несущих частот в направлении <i>upstream</i>				
Экспериментальное значение граничной частоты f_1 (см. п.п.2.5.), кГц				
Номер тона и частота пилот-сигнала, кГц				

Примечание. Определение граничной частоты f_1 и частоты пилот сигнала производить по текстовым протоколам распределения информации на тональных поднесущих частотах. Для этого следует определить номера тональных поднесущих частот, а для определения значения частот выполнить умножение полученного номера на частоту смещения поднесущих частот 4,3125 кГц.

5) Выполнить оценку протяженности абонентской линии связи при работе по стандартам *ADSL* и *ADSL2+* в предположении, что спектральная плотность мощности помехи на входе приемника составляет -110 дБ/Гц. Для этого использовать данные рис. 1.7 и практически полученные значения скорости передачи информации в направлении *downstream*.

6) Сформулировать выводы по работе, в которых подробно проанализировать экспериментальных данных и обсудить полученные результаты.

7) Общее оформление отчета должно соответствовать требованиям [7].

1.6. Контрольные вопросы

1.6.1. Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы

1) Охарактеризуйте структурную схему лабораторного оборудования с указанием назначения отдельных элементов.

2) Охарактеризуйте назначение сплитера в системе передачи данных *ADSL*.

3) Охарактеризуйте порядок подключения к точке доступа «ОГО! Wi-Fi».

4) Запишите последовательность действий, выполняемых для определения доступа к сетевому ресурсу с помощью команды *ping*.

5) Охарактеризуйте основной принцип параллельной передачи информации с использованием метода *DMT*.

6) Охарактеризуйте последовательность действий, выполняемых для определения распределения информации по поднесущим частотам с использованием средств программы конфигурирования модема через *web*-интерфейс.

7) Охарактеризуйте последовательность действий, выполняемых для определения распределения информации по поднесущим частотам с использованием средств программы *OrbMT*.

8) Охарактеризуйте последовательность действий, выполняемых для изменения вида модуляции в канале связи *ADSL*.

9) Охарактеризуйте последовательность действий, выполняемых для загрузки конфигурации модема из предварительно сохраненного файла.

10) На примере структурной схемы лабораторной установки (см. рис. 1.8) опишите последовательность действий, которую необходимо выполнить в случае использовании одного ПК для проведения исследований.

1.6.2. Вопросы для защиты лабораторной работы

- 1) Охарактеризуйте порядок преобразований сигнала в системах *ASDSL*.
- 2) Изобразите кадровую структуру сигнала *ADSL*. Выполните расчет частоты следования кадров *ADSL* и частоты следования информационных кадров *ADSL*.
- 3) Охарактеризуйте принцип формирования *DMT* сигнала и его преимущества по сравнению с однотоновой модуляцией.
- 4) Изобразите вид сигнального созвездия для *QAM* сигнала при числе бит на сигнал 4 и 5.
- 5) Изобразите вид сигнального созвездия для *QAM* сигнала при числе бит на сигнал 3 и 6.
- 6) Охарактеризуйте назначение пилот-сигналов в системах *ADSL*.
- 7) Выполните сравнение результатов распределения информации по поднесущим частотам, полученных при использовании программы конфигурации модема и при использовании программы *OrbMT*.
- 8) Охарактеризуйте возможные пути развития *ADSL* технологии в ближайшем будущем.
- 9) Объясните основные положения метода формирования параллельной передачи по технологии *MDT*.
- 10) Выполните качественное сравнение двух вариантов многопозиционной манипуляции *QAM* при количестве позиций сигнал 4 и 16 с изображением сигнальных созвездий указанных вариантов.
- 11) Охарактеризуйте причины более высокой помехозащищенности модуляции *OFDM* по отношению к любой однотоновой манипуляции. Изобразите вид спектров сигналов указанных выше видов модуляции в случае использования канала связи с фиксированной полосой пропускания.
- 12) Охарактеризуйте метод разделения каналов «вверх» и «вниз», используемый в системах *ADSL*, и сравните его с другими вариантами разделения направлений передачи.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ IP-ТЕЛЕФОНИИ

2.1. Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с принципами построения и работы систем IP-телефонии путем экспериментального исследования их характеристик.

2.2. Теоретическая часть

2.2.1. Общая характеристика систем IP-телефонии

«Классические» телефонные сети основаны на технологии коммутации каналов (рис. 2.1), которая для каждого телефонного разговора требует выделенного отдельного физического соединения. Следовательно, один телефонный разговор представляет собой одно физическое соединение телефонных каналов. В этом случае аналоговый сигнал, занимаемый полосе частот 3,1 кГц, передается на ближайшую АТС, где он мультиплексируется по технологии временного либо частотного разделения с сигналами, которые поступают от других абонентов, подключенных к этой АТС. Далее групповой сигнал передается по сети межстанционных каналов. Достигнув АТС назначения, сигнал демультиплексируется и передается адресату. **Основным недостатком** телефонных сетей с коммутацией каналов является неэффективное использование диапазона частот, занимаемого каналом, который во время пауз в речи не несет никакой полезной нагрузки [8].

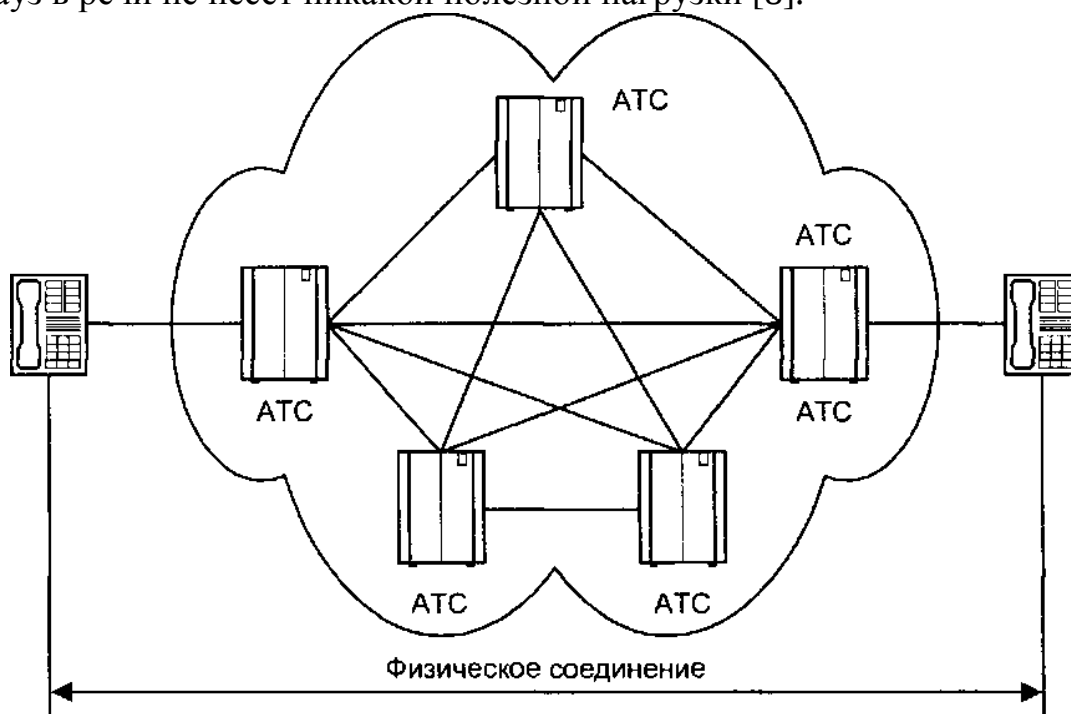


Рис. 2.1 — Схема соединений в «классической» телефонной сети

Переход от аналоговых технологий к цифровым стал важным шагом на пути создания современных цифровых телекоммуникационных сетей. Одним из таких шагов в развитии цифровой телефонии стал переход к пакетной

коммутации. В сетях пакетной коммутации по каналам связи передаются пакеты информации, которые не зависят от физического носителя (рис. 2.2). Каждый пакет идентифицируется заголовком, который может содержать информацию об используемом им канале, его происхождении (т.е. об источнике или отправителе) и пункте назначения.

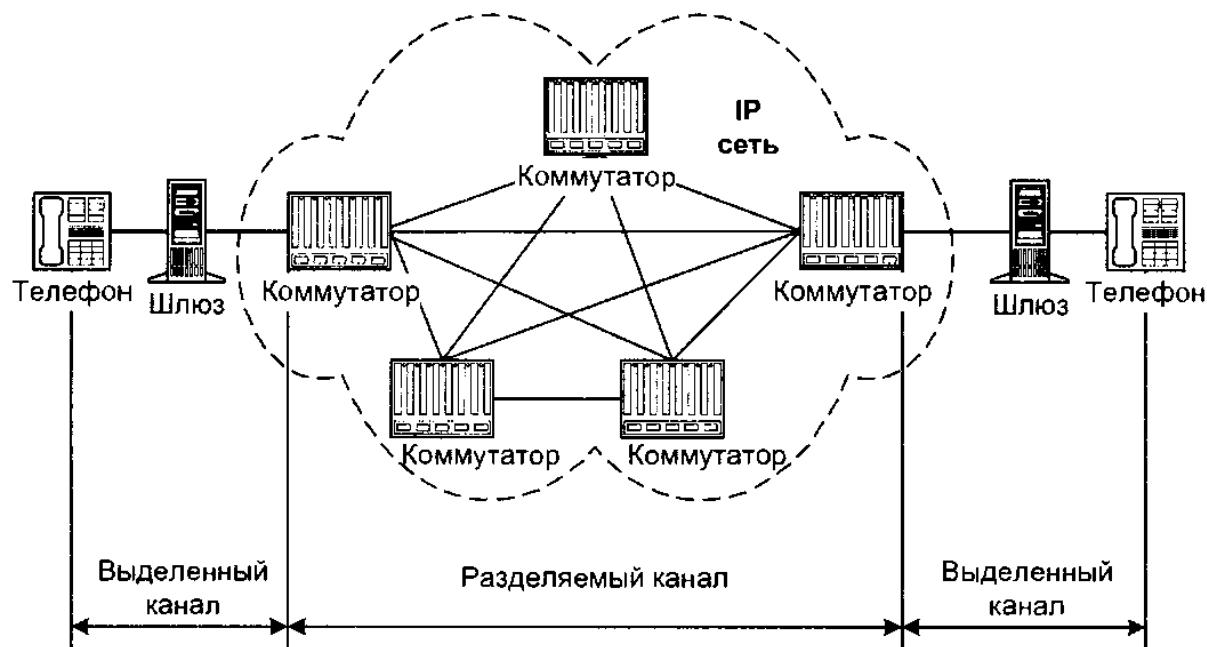


Рис. 2.2 — Схема соединений в сети с коммутацией пакетов

В сетях на основе Интернет протокола *IP* все данные (голос, текст, видео, данные или информация в любой другой форме) передаются в виде пакетов. Любой компьютер или терминал такой сети имеет свой уникальный *IP*-адрес, и передаваемые пакеты маршрутизируются к получателю в соответствии с этим адресом, указываемом в заголовке пакетов. Данные могут передаваться одновременно между многими пользователями и процессами по одной и той же линии. При возникновении проблем *IP*-сети могут изменять маршрут для обхода неисправных участков. Важно, что протокол *IP* не требует выделенного канала для передачи сигналов сигнализации.

Процесс передачи голоса по *IP*-сети состоит из нескольких этапов. На первом этапе осуществляется аналого-цифровое преобразование голосового сообщения. Затем данные анализируются и обрабатываются с целью уменьшения их физического объема при передаче получателю. Как правило, на этом этапе происходит подавление ненужных пауз и фонового шума, а также компрессирование.

На следующем этапе полученная последовательность данных разбивается на пакеты и к ней добавляется протокольная информация — адрес получателя, порядковый номер пакета на случай, если они будут доставлены не последовательно, и дополнительные данные для коррекции ошибок. При этом происходит временное накопление необходимого количества данных для образования пакета до его непосредственной отправки в сеть.

Извлечение переданной голосовой информации из полученных пакетов производится в несколько этапов. Когда голосовые пакеты приходят на терминал получателя, то сначала проверяется их порядковая последовательность. Поскольку *IP*-сети не гарантируют время доставки, то пакеты со старшими порядковыми номерами могут прийти раньше, более того, интервал времени получения также может колебаться. Для восстановления исходной последовательности и синхронизации производится временное накопление пакетов. Однако некоторые пакеты могут быть потеряны при доставке, либо задержка их доставки может превышать допустимое значение. В обычных условиях приемный терминал запрашивает повторную передачу ошибочных или потерянных данных. Но передача голоса слишком критична ко времени доставки, поэтому в этом случае либо включается алгоритм аппроксимации, позволяющий на основе полученных пакетов приблизительно восстановить потерянные данные, либо эти потери просто игнорируются, а пропуски заполняются данными случайным образом.

Полученная таким образом последовательность данных декомпрессируется и преобразуется непосредственно в аудиосигнал, несущий голосовую информацию получателю.

Таким образом, с большой степенью вероятности, полученная информация не соответствует исходной (искажена) и задержана (обработка на передающей и приемной сторонах требует промежуточного накопления). Однако избыточность голосовой информации позволяет мириться с такими потерями.

Операторы сетей с пакетной коммутацией получают преимущества, присущие разделяемой инфраструктуре электросвязи. Поскольку предполагается, что абоненты не будут круглосуточно и ежедневно использовать весь ресурс канала связи, то можно обслужить больше абонентов, не расширяя магистральную инфраструктуру.

Например, абонент, зарезервировавший канал со скоростью 64 кбит/с, использует канал в среднем лишь на 25%. Следовательно, оператор способен предоставить имеющийся у него ресурс в четыре раза большему числу пользователей, не перегружая свою сеть. Такой сценарий выгоден обеим сторонам — и абоненту, и оператору связи, поскольку оператор увеличивает свои доходы и уменьшает абонентскую плату за счет снижения издержек. Это выигрышное решение уже признано в мире передачи данных и используется на рынке телефонной связи.

В настоящее время в *IP*-телефонии существует два основных способа передачи голосовых пакетов по *IP*-сети:

- через глобальную сеть *Internet* (*Internet*-телефония);
- через сети передачи данных на базе выделенных каналов (*IP*-телефония).

В первом случае качество телефонной связи напрямую зависит от загруженности сети *Internet* пакетами, содержащими данные, голос, графику и т.д., а, значит, задержки при прохождении пакетов могут быть самыми разными. При использовании выделенных каналов исключительно для голосовых па-

кетов можно гарантировать фиксированную (или почти фиксированную) скорость передачи. Ввиду широкого распространения сети *Internet* особый интерес вызывает реализация системы *Internet*-телефонии, хотя в этом случае качество телефонной связи оператором не гарантируется.

Для того чтобы осуществить междугородную (международную) связь с помощью телефонных серверов, организация или оператор услуги должны иметь серверы в тех местах, куда и откуда планируются звонки. Стоимость такой связи на порядок меньше стоимости телефонного звонка по обычным телефонным линиям. Особенно велика эта разница для международных переговоров.

Основным сдерживающим фактором на пути масштабного внедрения *IP*-телефонии является отсутствие в протоколе *IP* механизмов обеспечения гарантированного качества услуг, что делает его пока не самым надежным средством для передачи голосового трафика. Сам протокол *IP* не гарантирует доставку пакетов, а также время их доставки, что вызывает такие проблемы, как «рваный голос» и просто провалы в разговоре.

С точки зрения масштабируемости (если не учитывать возможные проблемы с неконтролируемым ухудшением качества при росте нагрузки на сеть) *IP*-телефония представляется вполне законченным решением.

Во-первых, поскольку соединение на базе протокола *IP* может начинаться (и заканчиваться) в любой точке сети на всем ее протяжении от абонента до магистрали. Соответственно *IP*-телефонию в сети можно вводить постепенно на различных участках. Для решений *IP*-телефонии характерна определенная модульность, поскольку количество и пропускную способность узлов, шлюзов «привратников» (*gatekeeper* — серверов обработки номерных планов) можно наращивать независимо, в соответствии с текущими потребностями.

Таким образом, для организации телефонной *IP* связи на передающем и приемном концах необходимо иметь набор аппаратно-программных средств, осуществляющих формирование цифровых пакетов из речевого сигнала, ввод этих пакетов вместе с пакетами данных в пакетную сеть и восстановление речевого сигнала [9].

2.2.2. Виды соединений в сети *IP*-телефонии

Сети *IP*-телефонии предоставляют возможности для вызовов четырех основных типов.

1) Вызов от телефона к телефону, который идет с обычного телефонного аппарата к АТС, на один из выходов которой подключен шлюз *IP*-телефонии, и через *IP*-сеть доходит до другого шлюза, который осуществляет обратные преобразования.

2) Вызов от компьютера к телефону, при котором мультимедийный компьютер, имеющий программное обеспечение *IP*-телефонии, звуковой адаптер, микрофон и акустические системы, подключается к *IP*-сети или к сети *Internet*, и с другой стороны — шлюз *IP*-телефонии, соединенный через АТС

с обычным телефонным аппаратом.

3) Вызов от компьютера к компьютеру, при котором соединение устанавливается через *IP*-сеть между двумя мультимедийными компьютерами, оборудованными аппаратными и программными средствами для работы с *IP*-телефонией.

4) Вызов от *WEB* браузера к телефону, при котором возможен доступ к речевым услугам. Например, на *WEB*-странице некоторой компании в разделе «Контакты» размещается кнопка «Вызов», нажав на которую, можно осуществить речевое соединение с представителем данной компании без набора телефонного номера.

2.2.3. Стандартизация *IP*-телефонии

В настоящее время отсутствуют единые международные рекомендации или стандарты, разработанные специально для *IP*-телефонии. В то же время для обеспечения совместимости оконечного оборудования и шлюзов различных поставщиков проблемами стандартизации *IP*-телефонии занимаются несколько международных организаций:

— Сектор стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи МСЭ-Т (*International Telecommunications Union - Telecommunications, ITU-T*);

— Европейский институт стандартизации по телекоммуникациям (*European Telecommunication Standard Institute, ETSI*);

— Институт инженеров по электротехнике и электронике (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE*);

— Форум *Voice over IP (VoIP)* и другие.

Начальное развитие техники *IP*-телефонии опиралось в большей степени на рекомендации *ITU-T*. В первую очередь, это Рекомендации *G.729a* и *G.723.1*, устанавливающие стандарты на компрессию речи, при которой скорость данных уменьшается до 8 кбит/с и 6,3/5,3 кбит/с соответственно. Рекомендация *H.323 v.2* определяет порядок взаимодействия между системами передачи мультимедийной информации (в том числе в реальном времени) и сетями пакетной коммутации, которые могут не обеспечивать гарантированного качества обслуживания (*Quality of Service, QoS*).

В настоящее время для передачи речевой информации через *IP*-сеть соблюдение требований Рекомендации *H.323 v.2* обязательно, т.е. фактически является стандартом.

Для обеспечения широкомасштабного внедрения *IP*-телефонии одним из самых важных факторов является обеспечение совместимости систем разных производителей. Достижение совместимости возможно только на основе стандартных **протоколов сигнализации**. Протоколы сигнализации обеспечивают установление, администрирование и завершение сеанса связи между конечными точками (пользователями), однозначно идентифицируемыми заданной схемой адресации. Понятие «сигнализация» относится ко всей ин-

формации, связанной с вызовами, маршрутизацией, мониторингом как на физическом, так и на логическом уровнях.

В традиционной телефонии вызывающий пользователь набирает номер нужного ему абонента, а телефонная сеть использует его для маршрутизации вызова. Процедура управления вызовами делится на три фазы: установление соединения, передача речи или данных и разъединение. Сообщения системы сигнализации инициируют и завершают эти фазы, а стандартные контрольные сигналы и (или) записанные голосовые сообщения информируют абонента о характере прохождения его вызова.

Во всех современных сетях с коммутацией каналов система сигнализации основана на семействе общеканальной сигнализации (ОКС) №7. Они обеспечивают обмен сообщениями, которые необходимы для маршрутизации вызовов, резервирования ресурсов, трансляции адресов, установления соединений, управления ими и выставления счетов.

По сравнению с сигнализацией в обычных телефонных сетях сигнализация *IP*-телефонии должна обладать более широкими возможностями в силу специфики конечных узлов.

В системах *IP*-телефонии процедуры управления вызовами выполняются протоколами сигнализации, а непосредственная маршрутизация трафика через *IP*-сеть обеспечивается протоколами: *Open Shortest Path First (OSPF)* или *Border Gateway Protocol (BGP)*. Резервирование сетевых ресурсов возможно, например, при помощи протокола *Resource ReSerVation Protocol (RSVP)*.

Таким образом, архитектура сети *IP*-телефонии предусматривает разделение плоскостей управления и передачи пользовательской информации, что является наиболее благоприятным условием для внедрения новых услуг, как показано на рис. 2.3.

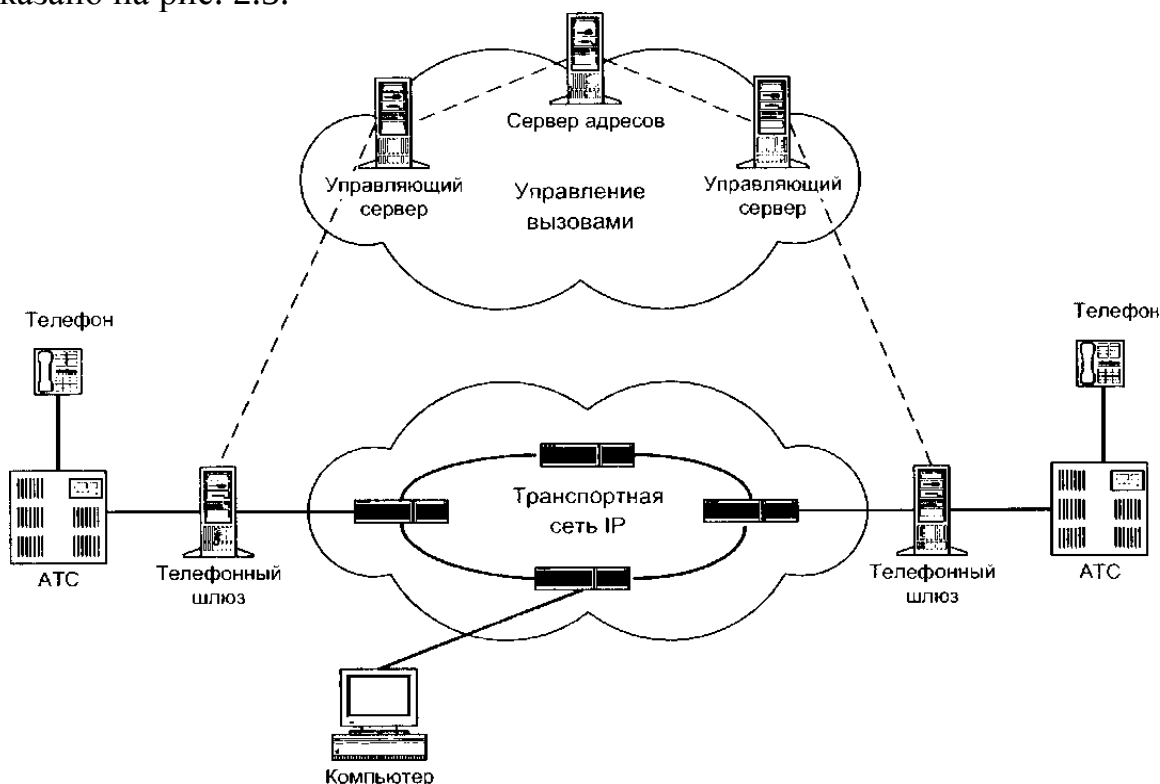
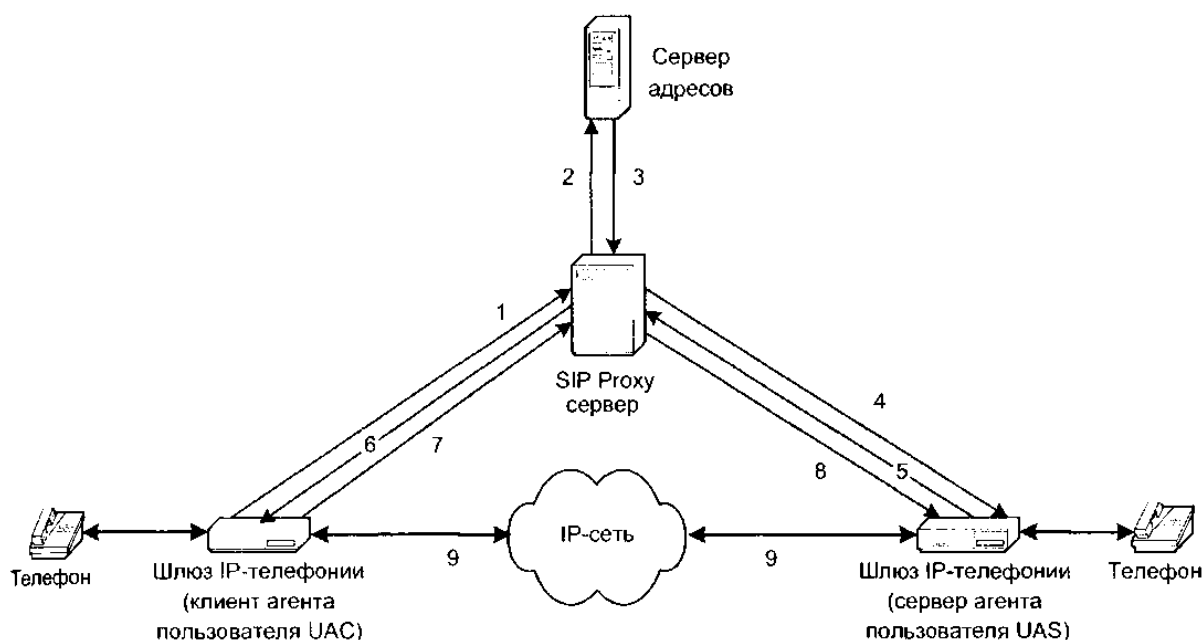


Рис. 2.3 — Схема управления вызовами в сети *IP*-телефонии

Протокол SIP (*Session Initiation Protocol*) служит для установления сеансов IP-телефонной и мультимедийной связи и использует IP-адреса, а не ISDN-номера как протокол H.323. В него входят также протоколы передачи данных в режиме реального времени и протокол описания технических параметров сеанса связи *Session Description Protocol (SDP)*. Протокол SDP описывает параметры (возможности) устройств, необходимые для участия в сеансе мультимедийной связи, протокол SIP служит для установления связи между двумя любыми сетевыми устройствами.

Протокол SIP является протоколом прикладного уровня. Он позволяет организовать и провести сеанс связи, обеспечивая его установление, модификацию и завершение.

Схема организации сигнализации по протоколу SIP показана на рис. 2.4. Для установления сеансов одноадресного вещания, которое характерно при IP-телефонии, основным протоколом установления соединений является протокол SIP.



1 — SIP приглашение, 2 — поиск серверов адресации, 3 — ответ серверов адресации, 4 — пересылка приглашения, 5 — ответ, 6 — пересылка ответа, 7 — подтверждение получения ответа, 8 — пересылка подтверждения, 9 — мультимедийный поток

Рис. 2.4 — Схема организации сигнализации по протоколу SIP

Протокол SIP работает по схеме клиент-сервер (рис. 2.4): клиент запрашивает определенный тип сервиса, а сервер обрабатывает его запрос и обеспечивает предоставление сервиса. Согласно протоколу SIP пользовательская система может не только формировать, но и принимать запросы. Это означает, что она должна быть оснащена и клиентской и серверной частями.

В протоколе SIP определены два вида сигнальных сообщений — запрос и ответ. Они имеют текстовый формат и базируются на протоколе передачи гипертекста — *Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)*.

2.2.4. Показатели качества IP-телефонии

Традиционные телефонные сети коммутируют электрические сигналы с гарантированной полосой пропускания, достаточной для передачи речевых сигналов. При цифровом сигнале с фиксированной скоростью цена единицы времени связи зависит от удаленности и расположения точек вызова и ответа.

Сети с коммутацией пакетов не обеспечивают гарантированной пропускной способности, поскольку не обеспечивают гарантированного пути между точками связи.

Для приложений, где не важен порядок и интервал прихода пакетов, например, *e-mail*, время задержек между отдельными пакетами не имеет решающего значения. IP-телефония является одной из областей передачи данных, где важна динамика передачи сигнала, которая обеспечивается современными методами кодирования и передачи информации, а также увеличением пропускной способности каналов, что приводит к возможности успешной конкуренции IP-телефонии с традиционными телефонными сетями.

Основными составляющими качества IP-телефонии являются:

А) Качество речи, которое включает:

- *диалог* — возможность пользователя связываться и разговаривать с другим пользователем в реальном времени и полнодуплексном режиме;
- *разборчивость* — чистота и тональность речи;
- *эхо* — слышимость собственной речи;
- *уровень сигнала* — громкость речи.

Б) Качество сигнализации, включающее:

- *установление вызова* — скорость успешного доступа и время установления соединения;
- *завершение вызова* — время отбоя и скорость разъединения;
- *DTMF* — определение и фиксация сигналов многочастотного набора номера.

Качество связи характеризуется следующими основными характеристиками: уровень искажений голоса; частота «пропадания» голосовых пакетов; время задержки (между произнесением фразы первого абонента и моментом, когда она будет услышана вторым абонентом).

По всем перечисленным характеристикам качество связи значительно увеличилось в сравнении с первыми версиями решений IP-телефонии, которые допускали искажение и прерывание речи. Улучшение кодирования голоса и восстановление потерянных пакетов позволило достичь уровня, когда речь понимается абонентами настолько хорошо, что собеседники не догадываются, что соединение происходит по технологии IP-телефонии. Понятно, что задержки влияют на темп беседы. Считается, что для человека задержка до 250 миллисекунд практически незаметна [8].

Факторы, которые влияют на качество IP-телефонии, могут быть разделены на две категории:

А) Факторы качества IP-сети:

— *максимальная пропускная способность* — максимальное количество полезных и избыточных данных, которая сеть передает в единицу времени;

— *задержка* — промежуток времени, требуемый для передачи пакета через сеть;

— *джиттер* — случайное изменение («дрожание») времени прохождения пакета;

— *потеря пакета* — число пакетов или данных, потерянных при передаче через сеть.

Б) Факторы качества шлюза:

— требуемая пропускная способность — различные вокодеры требуют различную пропускную способность, например, вокодер *G.723* требует обеспечения пропускной способности 16,3 кбит/с для одного речевого канала;

— подавление эхо — механизм для подавления эхо, возникающего при передаче по сети;

— управление уровнем — возможность регулировать громкость речи.

2.2.5. Методы кодирования речевой информации

Одним из важных факторов эффективного использования пропускной способности *IP*-канала, является выбор оптимального алгоритма кодирования и декодирования речевой информации, который реализован в виде кодека. Все существующие сегодня типы речевых кодеков по принципу действия можно разделить на три группы.

А) Кодеки с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ) и адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией (АДИКМ), разработанные в конце 50-х годов XX века и используемые в системах традиционной телефонии.

Б) Кодеки с вокодерным преобразованием речевого сигнала, разработанные для использования в системах мобильной связи для снижения требований к пропускной способности радиотракта. Эта группа кодеков использует гармонический синтез сигнала на основании информации о его вокальных составляющих — фонемах. В большинстве случаев такие кодеки реализованы в виде аналоговых устройств.

В) Комбинированные (гибридные) кодеки, которые сочетают в себе технологию вокодерного преобразования и синтеза речи, но оперируют с цифровым сигналом посредством специализированных цифровых сигнальных процессоров *DSP*. Кодеки этого типа содержат в себе ИКМ или АДИКМ кодек и цифровой вокодер.

На рис. 2.5 показана усредненная субъективная оценка качества кодирования речи для вышеперечисленных типов кодеков. Основные характеристики рассмотренных кодеков приведены в табл. 2.1.

Важной характеристикой любого вокодера является качество воспроизводимой речи. Для того, чтобы оценить это качество, было введено понятие средней субъективной оценки (*Mean Opinion Score, MOS*) или психологической реакции человека на воспроизводимую речь.

Оценка по шкале *MOS* определяется путем обработки оценок, даваемых группами слушателей. В табл. 2.2 приведены оценки *MOS* для различных методов кодирования. Наиболее предпочтительным среди рассмотренных выше методов кодирования с точки зрения отношения качество речи к скорости потока является алгоритм *G.723.1*.

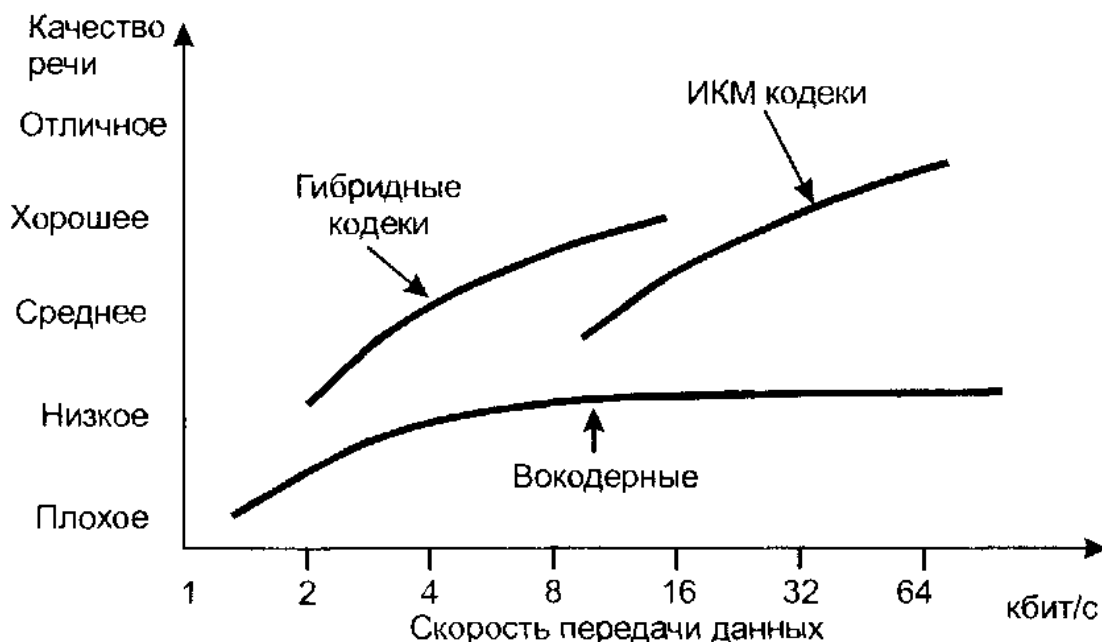


Рис. 2.5 — Усредненная субъективная оценка качества кодирования речи для различных типов кодеков

Таблица 2.1 — Характеристики различных типов кодеков

Кодек	Метод компрессии	Скорость кодирования	Сложность реализации, производительность	Качество	Время задержки
<i>G.726</i>	<i>ADPCM</i>	32/ 24/ 16 кбит/с	низкая, 8 <i>MIPS</i>	хорошее (32 кбит/с), плохое (16 кбит/с)	очень низкая (0,125 мс)
<i>G.729</i>	<i>CS-ACELP</i>	8 кбит/с	высокая, 30 <i>MIPS</i>	хорошее	низкая (10 мс)
<i>G.729A</i>	<i>CA-ACELP</i>	8 кбит/с	умеренная, 20 <i>MIPS</i>	среднее	низкая (10 мс)
<i>G.723.1</i>	<i>MP-MLQ</i>	6,4/5,3 кбит/с	умеренная, 16 <i>MIPS</i>	хорошее (6,4 кбит/с), среднее (5,3 кбит/с)	высокая (37 мс)
<i>G.728</i>	<i>LD-CELP</i>	16 кбит/с	очень высокая, 40 <i>MIPS</i>	хорошее	очень низкая (3...5 мс)

Таблица 2.2 — Показатели *MOS* для алгоритмов кодирования речи

Название алгоритма	<i>MOS</i>
<i>G.711 (PCM; 64 кбит/с)</i>	4,1
<i>G.726 (ADPCM; 32 кбит/с)</i>	3,8
<i>G.728 (LD-CELP; 16 кбит/с)</i>	3,6
<i>G.723.1 (ACELP; 5,3 кбит/с)</i>	3,7
<i>G.723.1 (MP-MLQ; 6,3 кбит/с)</i>	3,9

2.3. Описание лабораторной установки

2.3.1. Характеристика аппаратной части

Лабораторная работа выполняется на двух персональных компьютерах (ПК) подключенных к сети *Internet*. На ПК установлены различные варианты программ *IP*-телефонии через *Internet*. Компьютеры, на которых проводятся исследования, обозначены как *07point* и *08point*.

Упрощенная структурная схема лабораторной установки изображена на рис. 2.6. К входу звукового адаптера ПК1 подключен лабораторный генератор, выходной сигнал которого подается также на контрольный милливольтметр. Оба компьютера подключены к сети *Internet*. Сигнал с выход звукового адаптера компьютера ПК2 поступает на комплект измерительной аппаратуры (милливольтметр, осциллограф, анализатор спектра). На осциллограф также подается сигнал генератора, что позволяет сравнить форму сигналов на входе и выходе канала связи.

Перед проведением измерений на обоих компьютерах производится запуск однотипного программного обеспечения и иницируется сеанс связи.

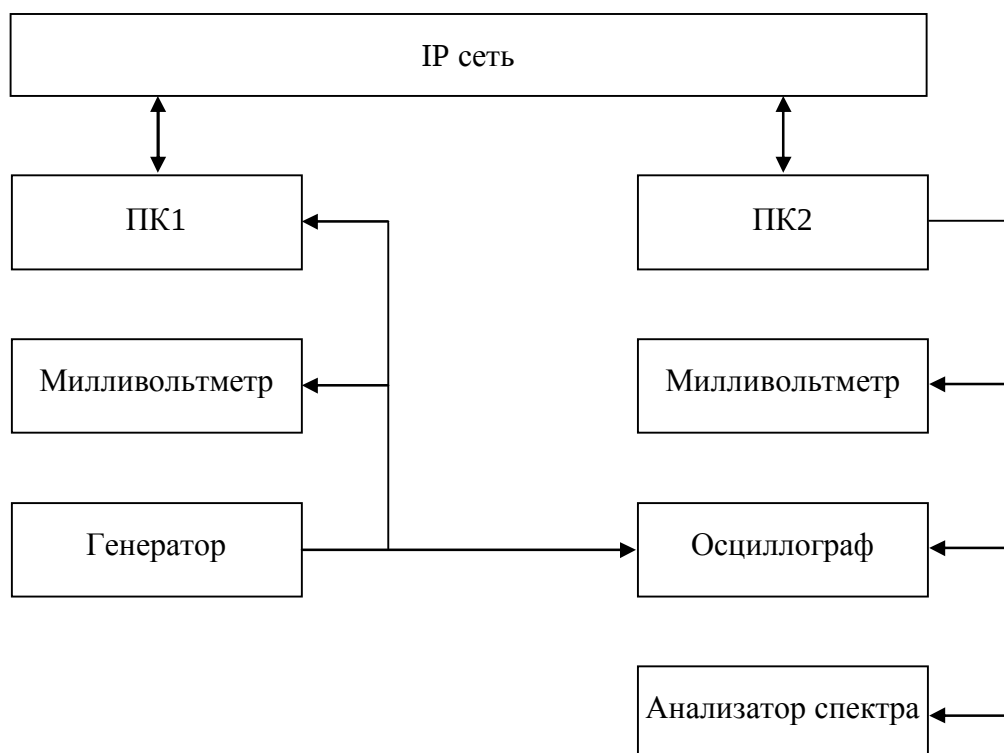


Рис. 2.6 — Структурная схема лабораторной установки

2.3.2. Характеристика программных средств

Для выполнения исследований используются различные варианты программ для организации *Internet* телефонии. Рассмотрим краткую характеристику некоторых программ.

Программное обеспечение Skype — бесплатное ПО с закрытым кодом, обеспечивающее шифрованную голосовую связь через *Internet* между компьютерами, а также платные услуги для связи с абонентами обычной телефонной сети.

К особенностям программы *Skype* относятся: неограниченные временем и расстоянием звонки другим абонентам *Skype*, шифрование всех разговоров. Программа также позволяет совершать конференц-звонки (до 25 голосовых абонентов, включая инициатора), видеозвонки, а также обеспечивает передачу текстовых сообщений и файлов.

Программные клиенты *Skype* разработаны для операционных систем: *Windows*, *Mac OS X*, *GNU/Linux*, *iOS*, *Windows Mobile*, *Google Android*, *PSP*, *Symbian* [10]. В отличие от многих других программ *IP*-телефонии для передачи данных *Skype* использует *P2P*-архитектуру. Каталог пользователей *Skype* распределён по компьютерам пользователей сети *Skype*, что позволяет сети легко масштабироваться до очень больших размеров (более 800 миллионов пользователей, 20...40 миллионов пользователей в режиме активного подключения к сети) без дорогой инфраструктуры централизованных серверов.

Кроме того, *Skype* может маршрутизировать звонки через компьютеры других пользователей. Это позволяет соединяться друг с другом пользователям, находящимися за брандмауэром, однако создаёт дополнительную нагрузку на компьютеры и каналы пользователей, подключённых к *Internet* напрямую.

Единственным центральным элементом для *Skype* является сервер идентификации, который хранит учётные записи пользователей и резервные копии их списков контактов. Центральный сервер нужен только для установки связи. После того, как связь установлена, компьютеры пересылают голосовые данные напрямую друг другу (если между ними есть прямая связь), или через *Skype*-посредник (суперузел — компьютер, у которого есть внешний *IP*-адрес и открыт *TCP*-порт для *Skype*). В частности, если два компьютера, находящиеся внутри одной локальной сети, установили между собой *Skype*-соединение, то связь с *Internet* можно прервать и разговор будет продолжаться вплоть до его завершения пользователями или какого-либо сбоя связи внутри локальной сети.

При установке соединения между ПК данные шифруются при помощи *Advanced Encryption Standard* (AES-256), для передачи ключа которого, в свою очередь, используется 1024-битный криптографический алгоритм с открытым ключом *RSA*. Открытые ключи пользователей сертифицируются центральным сервером *Skype* при входе в систему с использованием 1536- или 2048-разрядных сертификатов *RSA*.

Программное обеспечение ooVoo не использует компьютер пользователя в качестве промежуточного узла, как это делает *Skype*, оно пользуется своей собственной инфраструктурой для управления всеми телефонными и видео-звонками. Компьютер абонента используется исключительно для поддержания деятельности программы-клиента [11].

При установке программа производит попытку автоматически определить тип видеокамеры и пропускную способность канала связи. Видео-окно увеличено по площади в четыре раза по сравнению с видео-окнами других аналогичных программ.

ПО позволяет звонить абонентам вне зависимости от того, установлена ли программа на их компьютерах: пользователь получает ссылку, перейдя по которой может присоединиться к беседе через *WEB*-браузер.

Основные функций *ooVoo*: видео-звонки в режиме реального времени; видео-почта; запись видео-разговоров; многосторонние телефонные и видео-разговоры одновременно с шестью абонентами максимально, включая стационарные и мобильные телефоны; передача файлов; специальные видеоэффекты.

Бесплатные услуги — одновременный видео-чат с двумя собеседниками и неограниченное количество видеосообщений (длительностью до одной минуты).

Платные услуги — видео *HD*-качества и запись видеозвонков без ограничения по времени.

Программное обеспечение Yahoo! Messenger (Y!M) — это программа мгновенного обмена сообщениями компании *Yahoo!*, использующая собственный протокол. Существует для платформ *Windows*, *Mac*, *Linux (Unix)*. Распространяется программа бесплатно [12].

Программа предназначена для общения в режиме реального времени с другими пользователями *Internet*. При разработке программы предусмотрены следующие возможности: текстовое общение, голосовое общение, в частности многопользовательский голосовой чат, видеоконференции, звонки на мобильные и стационарные телефоны, обмен файлами, онлайн-игры, настраиваемые онлайн-трансляции музыки, настраиваемый интегрированный доступ к сервисам портала *Yahoo!* Поддержка *Y!M* обеспечивается также в некоторых моделях мобильных телефонах.

Программное обеспечение Flaphone (<http://www.flaphone.com>) — это веб-сервис, представляющий собой программный телефон, совместимый с *SIP* и работающий прямо в интернет-браузере, без установки специального программного обеспечения. Пользователи *flaphone* могут свободно звонить друг другу, на *SIP*-телефоны, а также на любые телефонные номера, подключив через панель управления учетную запись любого *SIP*-оператора. Для работы сервиса необходима установка программы *Adobe Flash Player* [13].

Техническая реализация *flaphone* поддерживает следующие технологии:

- звонки и мгновенные сообщения по протоколу *SIP*;
- передачу *DTMF*-сигналов;
- голосовые кодеки *Speex wideband*, *G.711* и *G.729*;

— видео-кодеки *H.263*, *H.263+* и *H.264*.

Существует вариант ПО *Flaphone AIR* для работы без использования *WEB* браузера.

Звонки в пределах сети *Flaphone* не требуют оплаты. Для вызова абонента *Flaphone* необходимо в поле строки ввода номера указать имя пользователя в *Flaphone* и нажать кнопку «Позвонить».

Следует отметить, что существует большое число программ для организации телефонных переговоров через *Internet*, которые успешно решают поставленные задачи и отличаются набором дополнительных сервисов. В некоторых случаях телефония является дополнительной функцией (например, ПО *ICQ* или *Mail.Ru Агент*), а в некоторых — основной (ПО *Skype* или *ooVoo*).

2.4. Порядок выполнения лабораторной работы

1) Лабораторная работа выполняется в соответствии с вариантом, номер которого выбирается по последней цифре зачетной книжки студента. Исходные данные для выполнения работы приведены в табл. 2.3.

В табл. 2.3 указаны варианты программ *IP*-телефонии, для которых необходимо выполнить исследования.

2) Включить измерительные приборы, необходимые для выполнения лабораторных исследований (см. рис. 2.6). Выполнить калибровку анализатора спектра, в соответствии с инструкцией, приведенной в Приложении А.

Таблица 2.3 — Исходные данные для выбранного варианта исследований

Номер варианта	Первый вариант программного обеспечения	Второй вариант программного обеспечения
1	<i>ooVoo</i>	<i>Skype</i>
2	<i>Mail.Ru Агент</i>	
3	<i>Googletalk</i>	
4	<i>Windows Messenger</i>	
5	<i>Yahoo! Messenger</i>	
6	<i>FreeTel Communicator</i>	
7	<i>ICQ</i>	
8	<i>ooVoo</i>	
9	<i>Paltalk</i>	
0	<i>Googletalk</i>	

3) Установить на генераторе частоту сигнала (в соответствии с данными табл. 2.4.) с амплитудой выходного сигнала 0,3 В. Контроль амплитуды осуществлять по показаниям милливольтметра.

Таблица 2.4 — Исходные данные для выполнения лабораторной работы

Предпоследняя цифра зачетной книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Частота тестового сигнала, кГц	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7

3) Выполнить запуск первого варианта ПО (см. табл. 2.3). Для этого на компьютере 07point использовать для входа в программу логин *user1rt*, а на компьютере 08point — логин *user2rt*. Пароль для входа в систему *Internet* телефонии при необходимости можно уточнить у преподавателя.

4) Произвести соединение между компьютерами, выполнив активацию голосового соединения на одном ПК и подтверждение вызова на другом ПК. Вызов можно производить с любого ПК лабораторной установки.

5) После соединения определить максимальную амплитуду U_{max} входного канального сигнала, при которой отсутствуют заметные искажения сигнала на выходе системы. Контроль формы сигнала производить на выходе оборудования с помощью электронного осциллографа. Установить амплитуду U_{max} .

Примечание. В случае отсутствия сигнала на выходе системы следует проверить установку параметров и конфигурацию программ на передающей стороне тракта. Для этого использовать информацию, приведенную в приложении Б.

6) Определить спектр сигнала на выходе системы связи при заданной частоте входного сигнала. Зафиксировать вид спектра в протоколе измерений.

7) Изменяя амплитуду входного сигнала от 0 до $1,2U_{max}$ с одним и тем же шагом $(0,1...0,15)U_{max}$ измерить амплитудную характеристику сквозного тракта *IP*-телефонии. Амплитуду входного и выходного сигналов контролировать с помощью показаний милливольтметров.

8) Произвести исследование частотной характеристики телефонного канала, учитывая, что полоса пропускания систем *IP*-телефонии обычно не превышает 15 кГц.

9) Разорвать сеанс связи между ПК и завершить работу ПО по первому варианту. Выполнить запуск второго варианта ПО (программа *Skype*) и провести весь комплекс исследований в соответствии с п.п. 4.4. — 4.8. для второго варианта программного обеспечения.

2.5. Содержание отчета по лабораторной работе

- 1) Сформулировать цель лабораторной работы, в которой указать какие зависимости и параметры исследуются в лабораторной работе.
- 2) Изобразить структурную схему лабораторной установки с указанием назначения отдельным элементов.
- 3) Оформить таблицы результатов измерений амплитудных и амплитудно-частотных характеристик.
- 4) Построить графики амплитудных и амплитудно-частотных характеристик.
- 5) Построить спектральные диаграммы сигнала на выходе системы *IP*-телефонии. Определить динамический диапазон выходного сигнала.
- 6) Используя амплитудно-частотную характеристику, определить полосу пропускания канала связи.
- 7) Сформулировать выводы по работе, в которых привести подробный анализ и сопоставление экспериментальных данных, и выполнить подробное обсуждение полученных результатов. В выводах должно содержаться сравнение характеристик систем по первому и второму вариантам ПО.
- 8) Общее оформление отчета должно соответствовать требованиям, изложенным в работе [7].

2.6. Контрольные вопросы

2.6.1. Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы

- 1) Охарактеризуйте порядок проведения калибровки анализатора спектра СК 4-56.
- 2) Изобразите амплитудные характеристики идеального и реального аналоговых трактов. Объясните причины их отличия. Объясните порядок проведения измерения амплитудной характеристики.
- 3) Разработайте методику измерения амплитудно-частотной характеристики аналогового канала и запишите ее в виде последовательности действий.
- 4) Какие характеристики системы *IP*-телефонии необходимо определить при выполнении лабораторной работы?
- 5) Изобразите структурную схему системы *IP*-телефонии для ПО *Skype* и кратко охарактеризуйте ее функционирование.
- 6) Охарактеризуйте назначение анализатора спектра СК 4-56 в данной лабораторной работе.

2.6.2. Вопросы для защиты лабораторной работы

- 1) Объясните, каким образом обеспечивается передача голосового и служебного трафика в системе *Skype*.
- 2) Охарактеризуйте принцип организации и работы сети с *P2P* архитектурой.
- 3) Выполните сравнение функциональных возможностей ПО для организации *Internet* телефонии по первому и второму вариантам задания.
- 4) Выполните сравнение технических характеристик систем *Internet* телефонии по первому и второму вариантам. В случае наличия существенных отличий технических характеристик для исследованных вариантов укажите их основные причины.
- 5) Объясните, какими факторами определяется качество систем *Internet* телефонии.
- 6) Выполните сравнение систем *Internet* телефонии и *IP*-телефонии по всем возможным аспектам.
- 7) Охарактеризуйте основные виды искажений для сообщений в *IP*-телефонии.
- 8) Каким образом обеспечивается разделение плоскостей управления и передачи пользовательской информации в сети *IP*-телефонии?
- 9) Охарактеризуйте уровень защиты передаваемых данных на примере какой-либо системы *IP*-телефонии.
- 10) Приведите сравнительную характеристику различных видов организации связи при *IP*-телефонии.
- 11) Приведите сравнительную характеристику сигнализации в обычных телефонных сетях и сигнализации при *IP*-телефонии.
- 12) Охарактеризуйте основные виды кодеков для телефонных приложений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бакланов И.Г. Технологии *ADSL/ADSL2+*. Теория и практика применения / И.Г. Бакланов. — М.: Эко-трендз, 2007. — 384 с.
2. Дьяконов В.П. Электронные средства связи / В.П. Дьяконов, А.А. Образцов, В.Ю. Смердов. — М.: Солон-пресс, 2005. — 432 с.
3. Балашов В.А. Технологии широкополосного доступа *xDSL*. Инженерно-технический справочник / В.А. Балашов, А.Г. Лашко, Л.М. Ляховецкий. — М.: Эко-Трендз, 2009. — 256 с.
4. *G.992.5. Transmission Systems And Media, Digital Systems And Networks. Digital sections and digital line system — Access networks. Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2) — Extended bandwidth (ADSL2plus)* / ITU-T. — <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5-200901-I>. — 30.12.2012.
5. *P660HTW2 EE*. Интернет-центр для подключения по *ADSL2+* с двухдиапазонным модемом Annex A/B, точкой доступа *Wi-Fi 802.11g* и 4-портовым коммутатором / *ZyXEL Communications Corporation*. — <http://zyxel.ru/p660htw2-ee>. — 19.09.2012.
6. ОГО *Wi-Fi*. Опис послуги / БАТ «Укртелеком» — http://my.ukrtelecom.ua/ua/group_mail/postpaidradiospot/. — 19.09.2012.
7. Методические указания по оформлению текстовых работ для студентов дневной и заочной формы обучения направления 6.050901 — «Радиотехника» / СевНТУ, сост. В.Г. Слезкин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010. — 20 с.
8. Гольдштейн Б.С. *IP-телефония* / Б.С. Гольдштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий. — М.: Радио и связь, 2001. — 336 с.
9. Росляков А.В. *IP-телефония* / А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шибалева. — М.: Эко-Трендз, 2003. — 252 с.
10. Айларов А. Интернет-телефония дома и в офисе / *PC Magazine*. — <http://www.pcmag.ru/solutions/detail.php?ID=31172>. — 6.12.2012.
11. *ooVoo* / *wikipedia.org*. — <http://ru.wikipedia.org/wiki/ooVoo/>. — 6.12.2012.
12. *Do more than just IM with Yahoo! Messenger 10* / *yahoo.com*. — <http://messenger.yahoo.com/win/>. — 6.12.2012.
13. Общие сведения о *flaphone* / *Flaphone*. — <http://www.flaphone.com/help.php#about>. — 6.12.2012.

Приложение А

Порядок калибровки анализатора спектра СК 4-56

1. Установить органы управления и контроля в следующие положения:
 - кнопка ПАМЯТЬ — ОТКЛ.;
 - ручка РАЗВЕРТКА — РУЧНАЯ.;
 - ручка РУЧНАЯ — крайнее левое положение;
 - ручка ОБЗОР кГц/ДЕЛЕН. — 1;
 - ручка ПОЛОСА Hz — 30;
 - тумблер ЛИНЕЙН./ЛОГ. — ЛОГ.;
 - тумблер КАЛИБР.АМПЛ. — выключен;
 - ручка S/ДЕЛЕН. — 0,5;
 - ручка ВИДЕОФИЛЬТР — ВЫКЛ.;
 - указатель НОМИНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ (внутренний переключатель синего цвета) — крайнее правое положение;
 - ручка НОМИНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ (внешний диск черного цвета) — 250 mV (–10 dBV).

Остальные органы управления могут находиться в произвольном положении.
2. Включить тумблер СЕТЬ, установить оптимальную яркость ручкой регулировки. До проведения измерений необходимо прогреть анализатор в течение 0,5..1 ч.
3. После прогрева прибора установить показания частоты по цифровому индикатору близкое к нулевому значению, для этого использовать ручки ЧАСТОТА kHz (ГРУБО и ТОЧНО).
4. Ручку РАЗВЕРТКА установить в положение АВТ., а кнопку ПАМЯТЬ в положение ПЕРИОДИЧ.
5. Произвести калибровку анализатора спектра по амплитуде, совместив максимальную из частотных отметок спектра с верхней линией шкалы индикатора (уровень 0 dB). Калибровка производится путем изменения положения ручек НОМИНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ (внешний диск и внутренний переключатель). При калибровке анализатора не следует допускать длительного превышения уровней частотных отметок спектра уровня 0 dB масштабной сетки электронно-лучевой трубки.
6. Отсчёт уровня сигнала, с учётом установленного режима работы, производится по масштабной сетке ЭЛТ, используя оцифрованные значения шкалы анализатора. Одно деление вертикальной шкалы соответствует изменению сигнала на 10 dB. При установках в соответствии с п.1 одно деление горизонтальной шкалы соответствует — 1 кГц.

Приложение Б

Особенности настройки звукового оборудования на стороне передачи

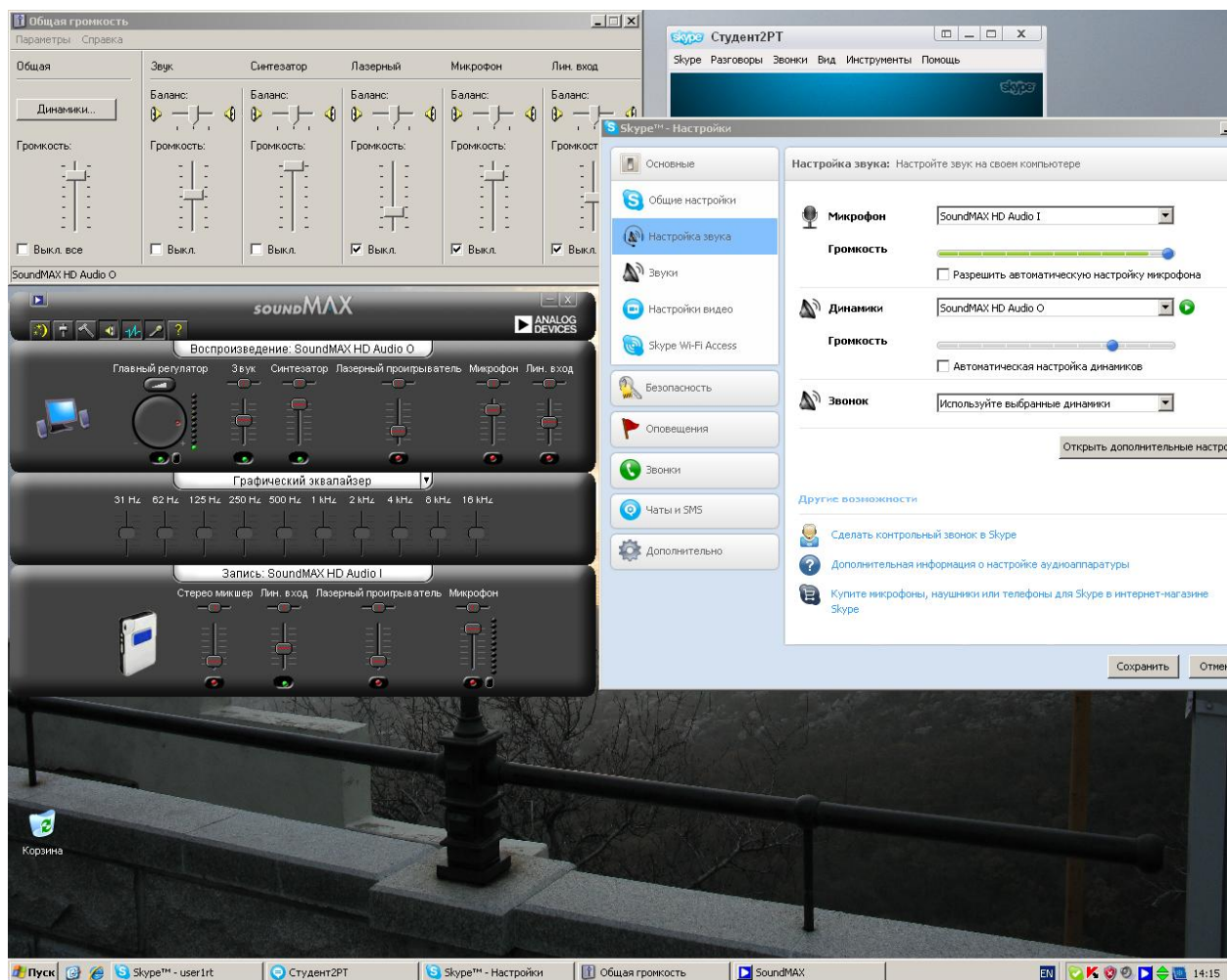


Рис. Б.1 — Окна настройки звукового оборудования на передающей стороне