

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и
сетей»

для студентов направления подготовки

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)

«Интеллектуальная обработка данных в инфокоммуникационных
системах и сетях»

Часть 1

Ставрополь 2026

Лабораторная работа №1

Основы моделирования цифровых трактов

1. Цель работы

Получить практические навыки моделирования и оценки основных характеристик цифровых оптических трактов в программе OptiPerformer.

2. Общие сведения о работе с программой OptiPerformer

Главное окно программы **OptiPerformer**, рисунок 1.1, состоит из следующих панелей:

- Файловое меню (**File/View/Layout/Help**);
- Схема модели (**Main Layout**);
- Управление моделированием (**Performer Control**);
- Параметры моделирования (**Parameter Settings**).

Меню **Файл (File)** позволяет открыть файл модели (**Open**), закрыть файл (**Close**), выйти из программы (**Exit**).

Меню **Вид (View)** позволяет включать отображение панелей (**Performer Control, Parameter Settings, File Display**), управлять масштабом схемы модели (**Zoom**), включать отображение параметров модели на схеме (**Display Properties**).

Меню **Схема (Layout)** позволяет управлять показом итераций (**Previous Sweep Iteration/Next Sweep Iteration**).

Меню **Справка (Help)** открывает файл справки о программе.

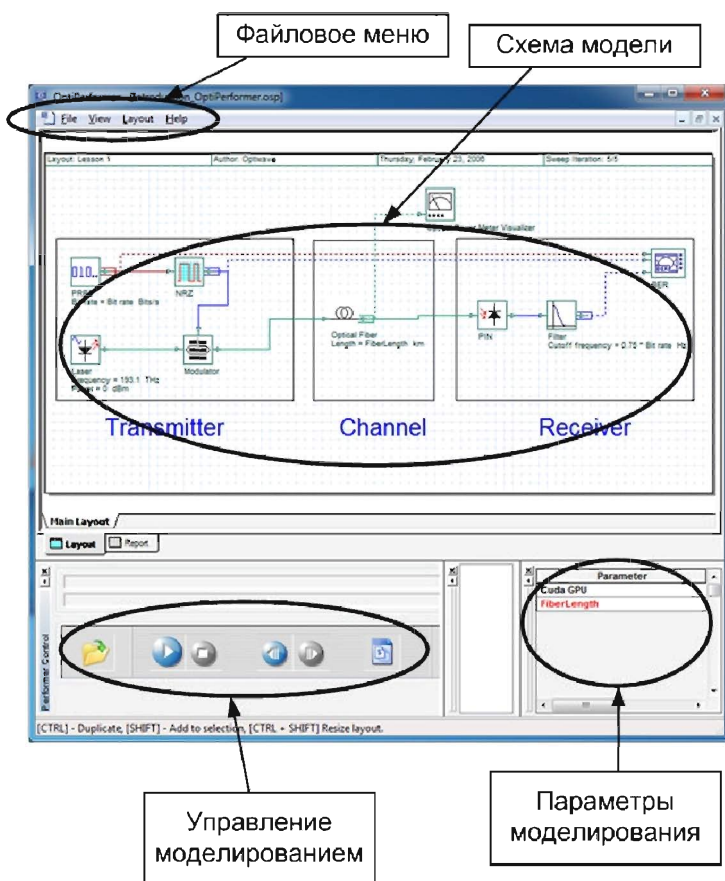


Рисунок 1.1 - Основное окно OptiPerformer

Панель схемы модели (**Main Layout**) показывает структурную схему модели, которая представляет собой блок-диаграмму, составленную из функциональных блоков и блоков измерительных устройств (источника излучения, оптического волокна, измерителя мощности и тд.). Пояснения по назначению основных блоков

рассматриваемой модели даны при описании выполнения лабораторной работы. Также данную панель можно переключить на отображение результатов моделирования (**Report**).

Панель управления моделированием (**Performer Control**) состоит из пиктограмм для быстрого доступа к операциям из файлового меню, их описание приводится в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Элементы управления моделированием

Пиктограмма	Описание
	Открыть файл
	Запуск моделирования
	Прервать моделирование
	Показать предыдущую итерацию
	Показать следующую итерацию

На панели параметров моделирования (**Parameter Settings**) отображается таблица, в которой представлены параметры модели (длина линии, выходная мощность лазера, затухание и тп), рисунок 1.2.

Parameter	Value
Cuda GPU	
FiberLength (km)	50
LaserOutputPower (dBm)	0
Attenuation (dB)	0
PINThermalNoise (W/Hz)	8.969999999999999e-024
Wavelength (nm)	1550

Рисунок 1.2. - Пример таблицы вывода параметров

Данные параметры моделирования можно менять, вводя значения в правую колонку таблицы. Тип и значения данных параметров приводятся в описании в ходе выполнения лабораторной работы.

3. Подготовка к работе

3.1. Используя список литературы и лекции подготовить ответы на контрольные вопросы.

3.2. Изучить основные элементы интерфейса программы **OptiPerformer**, описание которых представлено в приложении.

3.3. Изучить порядок запуска моделей в **OptiPerformer** и представление результатов моделирования.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Запустите программу **OptiPerformer** на рабочем столе или из меню "Пуск" Windows. Откройте файл **Introduction_OptiPerformer.osp**.

4.2. Изучите описание модели. Файл содержит простую модель ВОСП, рисунок 1.2, состоящую из передающего устройства (**Transmitter**), главного оптического тракта (**Channel**) и приемного устройства (**Receiver**).

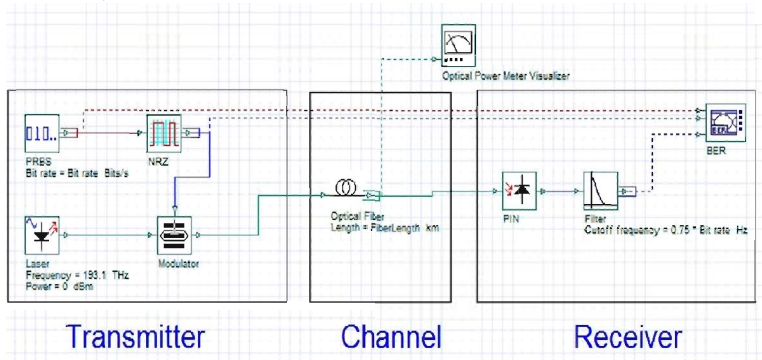


Рисунок 1.2 - Схема модели

Передающее устройство включает:

- источник псевдослучайного двоичного сигнала (**PRBS**), генерирующего псевдослучайный сигнал со скоростью 2,5 Гбит/с;
- преобразователь кода (**NRZ**);
- лазер (**Laser**) с частотой 193,1 ТГц;
- оптический модулятор (**Modulator**).

Оптический тракт состоит из участка оптического волокна (**Optical Fiber**). На выходе тракта подключен измеритель мощности (**Optical Power Meter Visualizer**).

Приемное устройство состоит из:

- p-i-n фотодиода (**PIN**);

- фильтра нижних частот (**Filter**) с частотой отсечки $0,75 \times 2,5$ ГГц;
- анализатор ошибок (**BER**).

4.3. Запустите моделирование и дождитесь его окончания, после появления сообщения "**Calculation finished!**". Моделирование производится пятью итерациями для длин оптического тракта от 50 до 150 км.

4.4. Запишите значение уровня мощности в начальной точке оптического тракта P_S (**Power**) 0 дБм. Двойным щелчком по блоку измерителя мощности (**Optical Power Meter Visualizer**), откройте его окно, рисунок 1.3.



Рисунок 1.3 - Вид окна измерителя мощности

Запишите показания уровня мощности сигнала (**Signal Power**) в конечной точке тракта P_R для всех итераций моделирования при изменении длины оптического волокна (**FiberLengh**). Внесите данные в таблицу 1.2.

4.5. Рассчитайте затухание сигнала в тракте для всех длин (A , дБ), данные внесите в таблицу 1.2.

Таблица 1.2. - Параметры тракта

L , км	50	75	100	125	150
P_R , дБм					
A , дБ					
Q					

4.6. Откройте двойным щелчком по анализатору ошибок (**BER Analyzer**), его окно, рисунок 1.4.

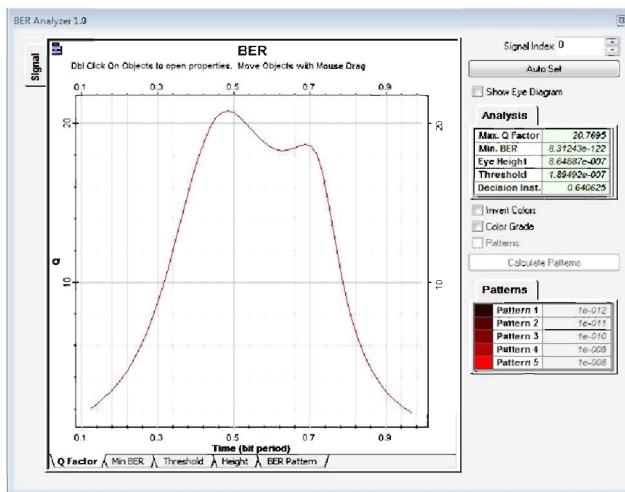


Рисунок 1.4.- Окно анализатора ошибок

Внесите в таблицу 1.2 максимальные значения Q -фактора (**Max. Q Factor**) в точке принятия решения. Зарисуйте диаграмму изменения Q -фактора от положения точки принятия решения для максимальной длины тракта.

4.7. Включите в анализаторе режим показа глаз-диаграммы (**Show Eye Diagram**), рисунок 1.5. Зарисуйте два ее вида: для максимальной и минимальной протяженностей оптического тракта.

4.8. Закройте программу и представьте все предварительные данные преподавателю.

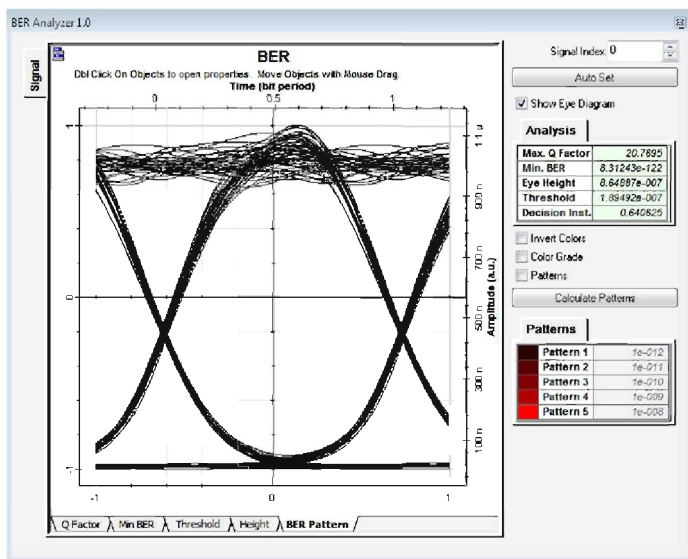


Рисунок 1.5. - Глаз-диаграмма

5. Содержание отчета

5.1. Цель работы.

5.2. Таблица 1.1. и графики зависимостей A , Q от протяженности тракта L .

5.3. Диаграмма изменения Q -фактора.

5.4. Глаз-диаграммы для максимальной и минимальной длины оптического тракта.

5.5. Выводы по результатам моделирования.

6. Контрольные вопросы

6.1. Какие спектральные диапазоны используются в современных ВОСП?

6.2. Из каких основных элементов состоит оптический тракт ВОСП?

6.3. Назначение передающего оптического модуля (ПОМ) и его основные узлы.

6.4. Назовите основные характеристики ПОМ.

6.5. Что называют главным оптическим трактом (ГОТ)?

6.6. Назначение приемного оптического тракта (ПРОМ) и его основные узлы?

6.7. Назовите основные характеристики ПРОМ.

6.8. Перечислите основные типы искажений и помех, воздействующие на сигнал в тракте ВОСП.

6.9. Дайте определение Q -фактора.

- 6.10. Перечислите основные характеристики ГОТ.
- 6.11. Дайте определение коэффициенту ошибок (BER).
- 6.12. Как связаны между собой BER и Q -фактор?
- 6.13. Что представляет глаз-диаграмма?
- 6.14. Каким образом по глаз-диаграмме можно оценить искажение сигнала в тракте ВОСП?

7. Список литературы

1. Иванов В.И. Применение технологии WDM в современных сетях передачи информации. - Самара, ПГУТИ, 2012

2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи /пер. с англ. под ред. Н.Н.Слепова.- М.: Техносфера, 2007.- 448 с.

3. Волоконно-оптические системы передачи: учеб. пособие для вузов/ В. И. Иванов, Л. В. Адамович.- Самара: СРТЦ, 2007.- 138 с.

Лабораторная работа №2

Измерение чувствительности приемного оптического модуля

1. Цель работы

Получить практические навыки по расчету и измерению чувствительности приемного оптического модуля волоконно-оптической системы передачи.

2. Расчет чувствительности приемного оптического модуля при воздействии теплового шума.

Чувствительностью ПРОМ называют минимальный уровень мощности сигнала на входе, при котором значение коэффициента ошибок соответствует допустимому.

При воздействии теплового шума, чувствительность ПРОМ можно оценить по формуле:

$$p_R = Q \frac{\sigma_T}{R} \quad (2.1)$$

где Q - требуемое значение Q -фактора;

σ_T - среднеквадратическое значение тока теплового шума, А;

R - чувствительность фотодиода, А/Вт.

Значение среднеквадратический тока от теплового шума, можно рассчитать как:

$$\sigma_T^2 = W_T \Delta F \quad (2.2)$$

где W_T - спектральная плотность мощности теплового шума, Вт/Гц; ΔF - ширина полосы пропускания ПРОМ, Гц.

3. Подготовка к работе

3.1. Используя список литературы и лекции подготовить ответы на контрольные вопросы.

3.2. Рассчитать по представленным данным чувствительность приемного оптического модуля при воздействии теплового шума.

Данные для расчета чувствительности приведены в таблице 2.1. (N - последняя цифра зачетной книжки, M - предпоследняя).

Таблица 2.1. - Параметры расчета

Скорость передачи, B	2,5 Гбит/с
Полоса пропускания, ΔF	$1,65 \times B$
Спектральная плотность шума, W_T	$N, M \times 10^{-22}$ Вт/Гц
Q -фактор	6
Чувствительность фотодиода, R	1 А/Вт

4. Порядок выполнения работы

4.1. Запустите программу **OptiPerformer** на рабочем столе или из меню "Пуск" Windows. Откройте файл **Receiver_Sensitivity.osp**.

4.2. Изучите схему модели. Модель ВОСП, рисунок 2.1, состоит из:

- Лазера (**Laser**);
- Модулятора **NRZ (Modulator)**;
- Оптического Атенюатора (**Optical Attenuator**);
- р-і-n фотодиода (**Photodetector PIN**) с ФНЧ;
- Измерителей мощности и анализатора ошибок.

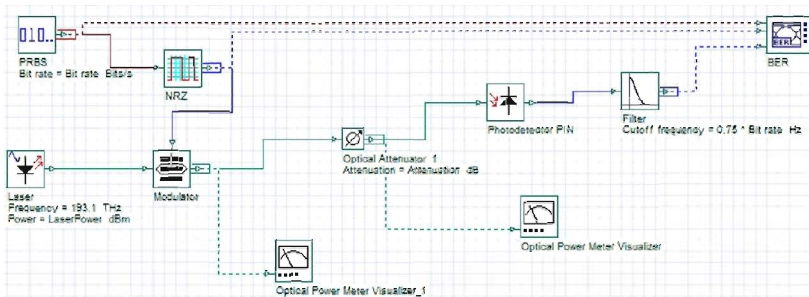


Рисунок 2.1. - Схема модели

4.3. Выставьте начальное значение затухание аттенюатора (**Attenuation**) - 15 дБ, значение спектральной плотности мощности теплового шума (**ThermalNoise**) как в вашем расчете. Остальные параметры изменять не следует. Запишите значение всех параметров.

4.4. Запустите моделирование и дождитесь его окончания. Откройте анализатор ошибок и зафиксируйте значение Q -фактора.

4.5. Повторяйте пункты 4.3 и 4.4, меняя затухание аттенюатора до тех пор, пока значение Q -фактора не станет равным $6 \pm 0,1$.

4.6. Откройте измеритель мощности на выходе аттенюатора и запишите значение уровня мощности (чувствительность ПРОМ).

4.7. Сравните полученное значение чувствительности с расчетным и сделайте вывод о соответствии результатов.

5. Содержание отчета

- 5.1. Цель работы.
- 5.2. Подробный расчет чувствительности ПРОМ.
- 5.3. Параметры моделирования.
- 5.4. Результаты измерений.
- 5.5. Выводы

6. Контрольные вопросы

- 6.1. Из каких основных узлов состоит ПРОМ? Их назначение.
- 6.2. Какие требования предъявляют к ПРОМ современных ВОСП?
- 6.3. Перечислите основные характеристики ПРОМ.
- 6.4. Какими факторами ограничивается чувствительность ПРОМ?
- 6.5. Какова природа теплового шума?
- 6.6. В чем причины появления дробового шума?
- 6.7. Как рассчитывается величина теплового шума?
- 6.8. Как рассчитывается величина дробового шума?
- 6.9. Поясните расчет чувствительности ПРОМ при воздействии теплового шума.
- 6.10. Что ограничивает максимальный уровень мощности ПРОМ?

7. Список литературы

1. Иванов В.И. Применение технологии WDM в современных сетях передачи информации. - Самара, ПГУТИ, 2012
2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи /пер. с англ. под ред. Н.Н.Слепова.- М.: Техносфера, 2007.- 448 с.
3. Волоконно-оптические системы передачи: учеб. пособие для вузов/ В. И. Иванов, Л. В. Адамович.- Самара: СРТЦ, 2007.- 138 с.

Лабораторная работа №3

Исследование искажений импульсов в оптическом тракте

1. Цель работы

Получить навыки расчета и измерения дисперсионных искажений оптических импульсов в оптическом тракте.

2. Расчет дисперсионных искажений импульсов в оптическом тракте

Если спектральная ширина источника излучения значительно меньше эффективной ширины спектра сигнала, то передаточную характеристику оптического тракта можно приблизительно представить в виде функции Гаусса:

$$H(\omega) = \exp(-\Delta\sigma^2 \omega^2) \quad (3.1)$$

где $\Delta\sigma$ - среднеквадратическое уширение оптического импульса.

Среднеквадратическое уширение импульса в оптическом тракте определяется по формуле:

$$\Delta\sigma = LD(\lambda)\Delta\lambda \quad (3.3)$$

где L - длина оптического волокна; $D(\lambda)$ - коэффициент хроматической дисперсии ОВ на рабочей длине волны λ ; $\Delta\lambda$ - среднеквадратическая ширина спектра источника излучения.

Оптический импульс от источника излучения с непосредственной модуляцией будет являться частотно-модулированным. Степень частотной модуляции характеризуют при помощи коэффициента частотной модуляции C , рад/с.

Среднеквадратическую ширину спектра излучения источника можно рассчитать по формуле:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2 \sqrt{1+C^2}}{2\pi c \sigma_{in}} \quad (3.4)$$

где c - скорость света в вакууме; σ_{in} - среднеквадратическая длительность импульса на входе тракта; λ - центральная (рабочая) длина волны излучения источника.

Среднеквадратическая длительность импульса на выходе тракта определяется из выражения:

$$\sigma_{out} = \sqrt{\sigma_{in}^2 + \Delta\sigma^2} \quad (3.5)$$

На практике, при проведении измерений, вместо среднеквадратической длительности (RMS) используют длительность по половинной мощности от максимальной (FWHM). Для гауссовских импульсов эти длительности связаны соотношением:

$$\tau = 1,665\sigma \quad (3.6)$$

Ширины спектров RMS и FWHM связаны аналогичным образом.

3. Подготовка к работе

3.1. Используя список литературы и лекции подготовить ответы на контрольные вопросы.

3.2. Рассчитать по представленным данным параметры гауссовского импульса на входе и выходе оптического тракта.

Данные для расчета параметров импульса представлены в таблице 3.1 (N - последняя цифра зачетной книжки, M - предпоследняя).

Таблица 3.1. - Исходные данные к расчету

Скорость передачи, B	2,5 Гбит/с
Рабочая длина волны, λ	1550 нм
Длительность импульса на входе, τ_{in}	0,5/ B
Коэффициент частотной модуляции, C	-6 рад/с
Длина ОВ, L	30+ $N \times 10 + M$, км
Коэффициент хроматической дисперсии, $D(\lambda)$	17 пс/(нм·км)

Рассчитанные данные параметров импульса на входе и выходе оптического тракта внесите в таблицу 3.2

Таблица 3.2 - Результаты расчетов

L , км	
τ_{in} , пс	
σ_{in} , пс	
$\Delta\lambda$, нм	
$\Delta\lambda_{FWHM}$, нм	
$\Delta\sigma$, пс	
σ_{out} , пс	
τ_{out} , пс	

4. Порядок выполнения работы

4.1. Запустите программу **OptiPerformer** на рабочем столе или из меню "Пуск" Windows. Откройте файл **Gaussian_Pulse_Propagation.osp**.

4.2. Изучите схему модели. Модель, рисунок 4.1, состоит из:

- Источника двоичного сигнала со скоростью 2,5 Гбит/с (**Bit Sequence Generator**);
- Оптического генератора гауссовских импульсов (**Optical Gaussian Pulse Generator**);
- Простого оптического тракта, состоящего из участка оптического волокна (**Optical Fiber**);
- Оптического анализатора спектра (**Optical Spectrum Analyzer**) на выходе ОВ;
- Устройств отображения оптического сигнала (**Optical Time Domain Visualizer**) на входе и выходе ОВ.

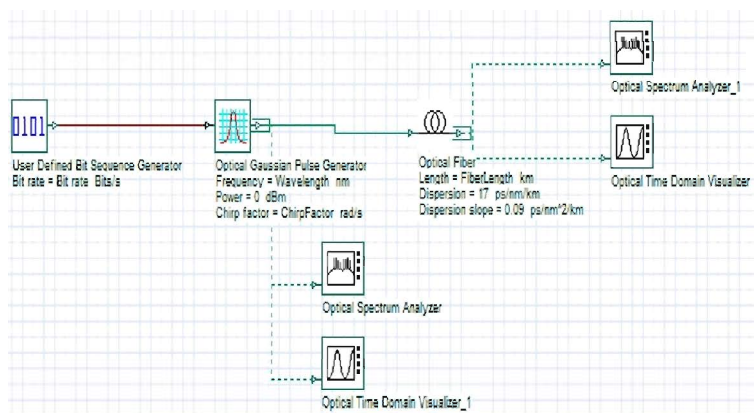


Рисунок 3.1. - Схема модели

4.3. В параметрах модели выставите значения длины оптического волокна (**FiberLength**) и коэффициента частотной модуляции (**ChirpFactor**) согласно расчетным.

4.4. Запустите моделирование и дождитесь его окончания. Откройте окно оптического анализатора спектра, рисунок 3.2. Измерьте ширину спектра излучения по половинной от максимальной мощности ($\Delta\lambda_{FWHM}$). (Измерения можно производить при помощи маркеров **A** и **B**. Для этого нужно вызвать меню левым щелчком мыши по спектральной диаграмме и выбирать в пункт **Marker**. Затем установить маркеры **A** и **B** на переднем и заднем фронтах, соответственно. При выборе из этого же меню пункта **Layout** будет выведено расстояние между маркерами).

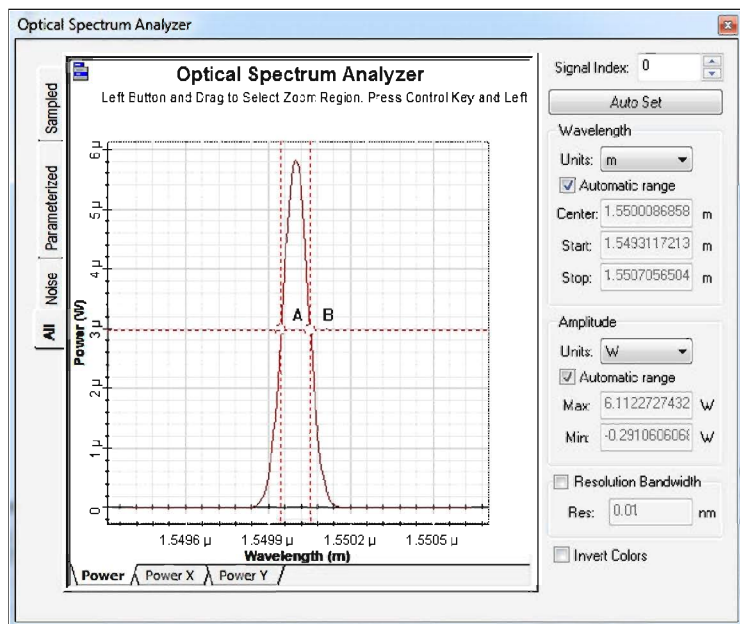


Рисунок 3.2 - Окно анализатора спектра

4.5. Откройте окно первого устройства отображения оптического сигнала на входе ОВ, рисунок 3.3. Измерьте длительность оптического импульса по половинной мощности на входе тракта (τ_{in}). Затем аналогично измерьте длительность импульса на выходе (τ_{out}) при помощи второго устройства отображения.

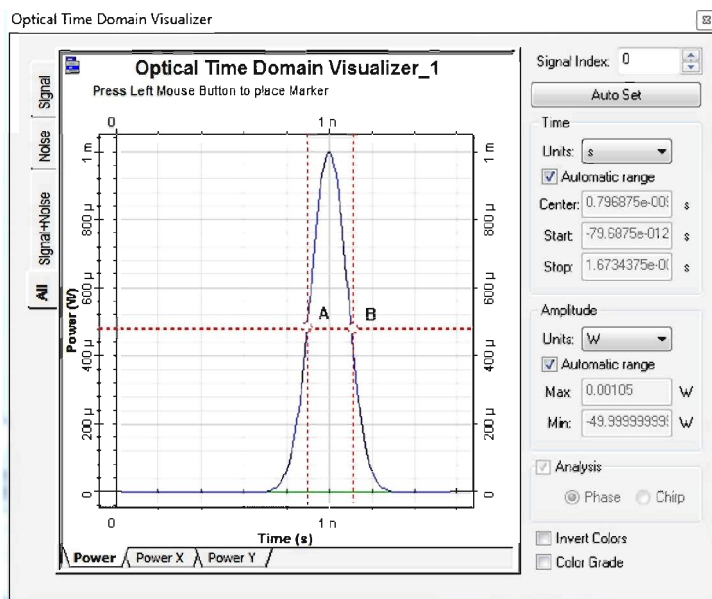


Рисунок 3.3 - Окно устройства отображения оптического сигнала

4.6 Все полученные данные занесите в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 - Данные измерений

$\Delta\lambda_{FWHM}$, нм	
τ_{in} , пс	
τ_{out} , пс	

4.7 Сравните измеренные значения с расчетным из таблицы 3.2 и сделайте вывод о соответствии результатов.

5. Содержание отчета

5.1. Цель работы.

5.2. Таблицу с исходными данными к расчету.

5.3. Таблицу рассчитанных параметров.

5.4. Результаты измерений.

5.5. Выводы.

6. Контрольные вопросы

6.1. Что называют дисперсией? Какие виды дисперсии влияют на искажения сигнала в оптическом тракте?

6.2. Почему дисперсия вызывает ухудшение качества при приеме сигнала?

6.3. Как определяется среднеквадратическая длительность оптических импульсов (RMS)?

6.4. Как определяется длительность импульсов по уровню половинной мощности от максимальной (FWHM)?

6.5. Как рассчитывается уширение оптических импульсов в тракте только с линейными искажениями?

6.6. Как связаны между собой длительности импульсов RMS и FWHM?

6.7. Какие факторы оказывают влияние на степень искажения оптических импульсов в трактах ВОСП?

6.8. Как определяют ширину спектра излучения по спектральной характеристике источника?

6.9. Как рассчитывается ширина спектра излучения в случае, когда ширина спектра источника значительно превышает спектр сигнала?

6.11. Почему при непосредственной модуляции источника возникает паразитная частотная модуляция импульсов?

7. Список литературы

1. Иванов В.И. Применение технологии WDM в современных сетях передачи информации. - Самара, ПГУТИ, 2012

2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи /пер. с англ. под ред. Н.Н.Слепова.- М.: Техносфера, 2007.- 448 с.

3. Волоконно-оптические системы передачи: учеб. пособие для вузов/ В. И. Иванов, Л. В. Адамович.- Самара: СРТЦ, 2007.- 138 с.

Лабораторная работа №4

Оценка и проверка бюджета мощности системы

1. Цель работы

Получить навыки расчета и оценки бюджета мощности волоконно-оптической системы передачи.

2. Расчет бюджета мощности системы

Для работоспособности оптической системы передачи необходимо выполнение следующего соотношения ("бюджета мощности"):

$$P_S - P_R \geq \alpha L + A_{\text{доп}} \quad (4.1)$$

где P_S - уровень мощности источника излучения; P_R - чувствительность приемного устройства; L - длина ОВ; α - коэффициент затухания ОВ; $A_{\text{доп}}$ - дополнительные потери.

Дополнительные потери складываются из следующих факторов:

$$A_{\text{доп}} = A_n + A_r + A_p + P_n + A_s \quad (4.2)$$

A_n - потери в неразъемных соединениях; A_r - потери в разъемных соединениях; A_p - потери в остальных пассивных компонентах тракта; P_n - сумма штрафов по мощности; A_s - дополнительный эксплуатационный запас системы.

Потери в неразъемных соединениях рассчитываются как:

$$A_n = a_n N_n \quad (4.4)$$

где a_n - средние потери в неразъемном соединении; N_n - общее число неразъемных соединений в тракте.

Потери в разъемных соединениях рассчитываются аналогичным образом:

$$A_r = a_r N_r \quad (4.5)$$

где a_r - средние потери в разъемном соединении; N_r - общее число разъемных соединений в тракте.

Потери в пассивных компонентах (A_p) складываются из отдельных потерь от всех пассивных компонентов, входящих в состав оптического тракта (изоляторов, разветвителей, фильтров и др.).

Сумма штрафов по мощности (P_n) складывается из штрафов по мощности от отдельных негативных факторов, оказывающих влияние на передачу сигнала в системе (дисперсии, шумов, искажений и тд).

Величина эксплуатационного запаса системы (A_s) определяется исходя из вида и условий прокладки оптического кабеля, протяженности линейного тракта, сложности эксплуатации и тп.

3. Подготовка к работе

3.1. Используя список литературы и лекции подготовить ответы на контрольные вопросы.

3.2. Рассчитать по представленным данным максимально допустимые длины регенерационных участков для систем со скоростями 2,5 Гбит/с и 10 Гбит/с .

Используя приведенные соотношение и параметры системы из таблицы 4.1, рассчитайте максимально допустимую длину ОВ (N - последняя цифра зачетной книжки, M - предпоследняя).

Аналогичным образом рассчитайте максимально допустимую длину ОВ для системы со скоростью 10 Гбит/с.

Полученные данные внесите в таблицу 4.2.

Таблица 4.1. - Исходные данные к расчету

Скорость передачи, V	2,5 Гбит/с
Рабочая длина волны, λ	1550 нм
P_S	-3 дБм
P_R	-30 дБм
P_R	-27 дБм (10 Гбит/с)
α	0,19 дБ/км
a_n	0,1 дБ
N_n	$N \times 2 + 2$
a_r	0,5 дБ
N_r	2 (M -чет) 4 (M -неч)
A_p	0
P_n	1 дБ
A_s	4 дБ

Таблица 4.2 - Результаты расчетов

A_n	
A_r	
$A_{\rho on}$	
L_{max} , км	

4. Порядок выполнения работы

4.1. Запустите программу **OptiPerformer** на рабочем столе или из меню "Пуск" Windows. Откройте файл **Attenuation Limited Fiber Length-2.5GB.osp**.

4.2. Изучите схему модели. Модель, рисунок 4.1, состоит из:

- Передающей части, состоящей из: источника двоичного сигнала со скоростью 2,5 Гбит/с (**PRBS**); преобразователя в код без возврата к нулю (**NRZ**); лазерного источника (**Laser**) и модулятора по интенсивности (**Modulator**).
- Оптического тракта, состоящего из участка оптического волокна (**Optical Fiber**) и оптического аттенюатора (**Optical Attenuator**).
- Приемной части: *p-i-n* фотодиода (**PIN**); ФНЧ (**Filter**).
- Измерительных устройств: измерителей мощности (**Optical Power Visualizer**) на выходе передающей части, оптического волокна, аттенюатора; анализатора ошибок (**BER**) на выходе приемной части.

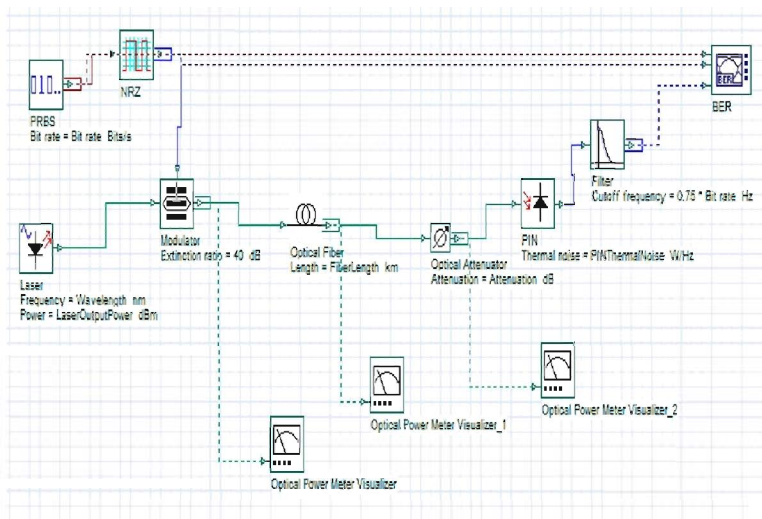


Рисунок 4.1. - Схема модели

4.3. Выставьте в таблице параметров модели длину оптического волокна (**FiberLength**) согласно вашим расчетным данным. Установите значение затухания attenuатора (**Attenuation**) равным дополнительным потерям в тракте, согласно расчету. Остальные параметры оставьте без изменений.

4.4. Запустите моделирование и дождитесь его окончания. Зафиксируйте в таблице 4.3 значения уровня мощности на входе оптического тракта (P_S), на выходе тракта (P_R), значение Q -фактора и коэффициента ошибок (**BER**).

4.5 Зарисуйте глаз-диаграмму сигнала.

4.6. Определите есть ли у системы дополнительный запас по мощности ($Q > 6$) или система работает за допустимыми пределами ($Q < 6$). В этих случаях

увеличьте/уменьшите затухание аттенюатора до величины, при которой значение Q -фактора станет $Q=6\pm0,1$. Разницу между начальным и конечным затуханием ($\pm\Delta A$) внесите в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 - Данные измерений

P_S , дБм	
P_R , дБм	
Q	
BER	
ΔA	

4.7 Сравните измеренные значения с расчетным из таблицы 2 и сделайте вывод о соответствии результатов.

4.8. Откройте файл **Attenuation Limited Fiber Length-10GB.osp**. Повторите пп.4.2.-4.7 для системы со скоростью 10 Гбит/с.

5. Содержание отчета

5.1. Цель работы.

5.2. Таблицу с исходными данными к расчету.

5.3. Таблицу рассчитанных параметров.

5.4. Таблицу результаты измерений.

5.5. Вид глаз-диаграмм

5.6. Выводы.

6. Контрольные вопросы

6.1. Что называют бюджетом мощности волоконно-оптической системы передачи?

6.2. Как рассчитываются общие потери в линейном тракте?

6.3. Чем определяется максимально допустимое затухание сигнала в линейном тракте?

6.4. Из чего складываются дополнительные потери в линейном тракте?

6.5. Как рассчитывают общие потери в разъёмных и неразъёмных соединениях?

6.6. Как определяются потери в пассивных компонентах?

6.7. Как рассчитывается максимальная длина регенерационного участка ВОСП при заданном запасе системы?

6.8. Что называют штрафом по мощности системы?

6.9. Штрафы от каких факторов могут влиять на бюджет мощности системы?

6.10. Какие факторы определяют величину эксплуатационного запаса системы?

7. Список литературы

1. Иванов В.И. Применение технологии WDM в современных сетях передачи информации. - Самара, ПГУТИ, 2012
2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи /пер. с англ. под ред. Н.Н.Слепова.- М.: Техносфера, 2007.- 448 с.
3. Волоконно-оптические системы передачи: учеб. пособие для вузов/ В. И. Иванов, Л. В. Адамович.- Самара: СРТЦ, 2007.- 138 с.

Лабораторная работа №5

Компенсация дисперсии

1. Цель работы

Получить навыки расчета и моделирования цифрового тракта с компенсацией хроматической дисперсии.

2. Расчет длин стандартного и компенсирующих волокон

Одним из основных способов компенсации накопленной в оптическом тракте ВОСП хроматической дисперсии является включение в тракт компенсирующих волокон с отрицательной дисперсией.

Для наилучшей компенсации в тракте необходимо выполнение следующего соотношения:

$$L_{SF}D_{SF} + L_{DCF}D_{DCF} = 0 \quad (5.1)$$

где L_{SF} - длина стандартного волокна; L_{DCF} - длина компенсирующего волокна; D_{SF} - коэффициент хроматической дисперсии стандартного ОВ; D_{DCF} - коэффициент дисперсии компенсирующего ОВ.

В результате общие потери в ОВ в оптическом тракте будут складываться из потерь в стандартном и компенсирующем волокнах:

$$A_{ОВ} = \alpha_{SF}L_{SF} + \alpha_{DCF}L_{DCF} \quad (5.2)$$

где α_{SF} и α_{DCF} - коэффициенты затухания в стандартном и компенсирующем волокнах, соответственно.

3. Подготовка к работе

3.1. Используя список литературы и лекции подготовить ответы на контрольные вопросы.

3.2. Рассчитать по представленным данным максимально допустимые длины стандартного и компенсирующих волокон в тракте ВОСП.

Используя выражения (5.1) и (5.2), а также соотношение бюджета мощностей, рассчитайте максимально допустимые длины L_{SF} и L_{DCF} в оптическом тракте. Исходные данные для расчета представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. - Параметры расчета

Скорость передачи, B	2,5 Гбит/с
Рабочая длина волны, λ	1550 нм
P_S	0 дБм
P_R	-35 дБм
α_{SF}	0,19 дБ/км
α_{DCF}	0,5 дБ/км
D_{SF}	17 пс/нм/км
D_{DCF}	-200 пс/нм/км
$A_{доп}$	6 дБ

4. Порядок выполнения работы

4.1. Запустите программу **OptiPerformer** на рабочем столе или из меню "Пуск" Windows. Откройте файл **Dispersion_Compensation.osp**.

4.2. Изучите схему модели. Модель, рисунок 5.1, состоит из:

- Передающей части, состоящей из: источника двоичного сигнала со скоростью 2,5 Гбит/с (**PRBS**); преобразователя в код без возврата к нулю (**NRZ**) и лазерного источника (**Laser**).
- Оптического тракта, состоящего из участка стандартного оптического волокна (**Transmission Fiber**), компенсирующего дисперсию волокна (**Dispersion Compensation Fiber**) и оптического аттенюатора (**Optical Attenuator**).
- Приемной части: *p-i-n* фотодиода (**PIN**); ФНЧ (**Filter**).
- Измерительных устройств: измерителей мощности (**Optical Power Meter**) на входе и выходе оптического тракта, оптического волокна, аттенюатора; анализатора ошибок (**BER**) на выходе приемной части; визуализаторов оптического сигнала (**OTDV**) в различных точках тракта; оптического анализатора спектра (**Optical Spectrum Analyzer**) на входе тракта.

4.3. Выставьте в таблице параметров модели полученные при расчете длины стандартного оптического волокна (**TransmissionFiberLength**), компенсирующего дисперсию ОВ (**DCFFiberLength**). Установите значение затухание аттенюатора (**Attenuation**) равным дополнительным потерям в тракте, согласно расчету. Остальные параметры оставьте без изменений.

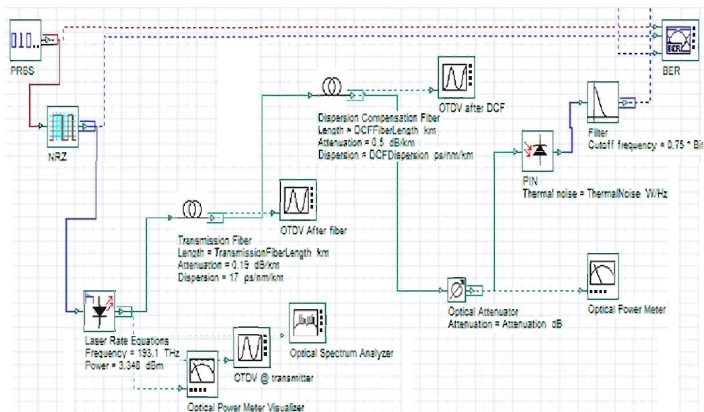


Рисунок 5.1. - Схема модели

4.4. Запустите моделирование и дождитесь его окончания. Зафиксируйте в таблице 5.2 значения уровня мощности на входе оптического тракта (P_S), на выходе тракта (P_R), значение Q -фактора. Зарисуйте глаз-диаграмму сигнала.

4.5. Установите длину компенсирующего ОВ (DCFFiberLength) равной нулю. Проведите моделирование и запишите полученное значение Q -фактора в таблицу 5.2. Зарисуйте вид глаз-диаграммы.

4.6 Сравните полученные в пп.4.4 и 4.5 результаты.

Таблица 5.2 - Данные моделирования

L_{SF} , км	
L_{DCF} , км	
P_S , дБм	
P_R , дБм	
Q	
$Q (L_{DCF}=0)$	

5. Содержание отчета

5.1. Цель работы.

5.2. Таблицу с исходными данными к расчету.

5.3. Таблицу результаты измерений.

5.5. Глаз-диаграммы

5.6. Выводы.

6. Контрольные вопросы

6.1. Что называют дисперсией в ВОСП?

6.2. Какие виды дисперсии влияют на передачу сигнала в ВОСП?

6.3. К чему приводит накопление дисперсии в оптическом тракте?

6.4. От какие факторов зависит величина накопленной в тракте дисперсии?

6.5. Как рассчитывается величина накопленной в оптическом тракте дисперсии?

6.6. Как оценить максимально допустимую дисперсию?

6.7. Перечислите основные способы компенсации хроматической дисперсии.

6.8. Как осуществляется компенсация дисперсии при помощи компенсирующих волокон.

6.9. Назовите достоинства и недостатки компенсации дисперсии при помощи компенсирующих волокон.

6.10. Как рассчитать требуемую длину компенсирующих волокон.

7. Список литературы

1. Иванов В.И. Применение технологии WDM в современных сетях передачи информации. - Самара, ПГУТИ, 2012

2. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи / пер. с англ. под ред. Н.Н.Слепова.- М.: Техносфера, 2007.- 448 с.

3. Волоконно-оптические системы передачи: учеб. пособие для вузов / В. И. Иванов, Л. В. Адамович.- Самара: СРТЦ, 2007.- 138 с.

Лабораторная работа № 6

Цель работы: Изучение принципов построения оптических усилителей. Исследование характеристик усиления в оптических волокнах, легированных эрбием, с учетом спектральной зависимости их параметров. Исследование влияния параметров накачки и длины эрбиевого волокна на характеристики оптического усилителя.

Литература.

1. Иванов А.Б. Волоконная оптика. Компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Изд-во Syrus Systems, 1999.
2. Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы: Сб. статей под ред. С.А.Дмитриева, Н.Н.Слепова. – М.: Connect, 2000.
3. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети, Москва, Экотрендз, 1998
4. Курков А.С., Наний О.Е. Эрбиевые волоконно-оптические усилители // Lightwave Russian Edition, №1, 2003, 14-19
5. Убайдуллаев Р.Р. Протяженные ВОЛС на основе EDFA // Lightwave Russian Edition, №1, 2003, 22-29

Контрольные вопросы

1. Спектральная зависимость коэффициента затухания оптических волокон. Составляющие потерь в оптическом волокне. Нормы на коэффициент затухания
2. Классификация оптических усилителей, используемых на ВОЛП, по области применения. Сравнительная характеристика.
3. Классификация оптических усилителей, используемых на ВОЛП, по способу реализации. Сравнительная характеристика.
4. Основные параметры оптических усилителей.
5. Принцип работы оптического усилителя на основе волокна, легированного эрбием
6. Типовые характеристики оптических эрбиевых усилителей.
7. Типовые схемы реализации эрбиевых усилителей.
8. Влияние параметров накачки и эрбиевого волокна на характеристики эрбиевого усилителя.
9. Принцип работы оптического усилителя на основе вынужденного комбинационного рассеяния – рамановские усилители
10. Типовые характеристики рамановских усилителей.
11. Типовые схемы реализации рамановских усилителей.
12. Принцип работы полупроводниковых оптических усилителей.
13. Типовые характеристики рамановских усилителей.
14. Расчет суммарного затухания элементарного кабельного участка.
15. Расчет оптического отношения сигнал-шум на ВОЛП с оптическими усилителями.

Порядок выполнения работы.

1. Загрузите программное обеспечение для моделирования оптических усилителей GainMaster
2. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с конфигурацией усилителя

Таблица 1

№	Конфигурация	Имя файла
1	Сонаправленная накачка, Длина волны накачки 980 нм Эрбиевое волокно $\alpha(@ 980 \text{ нм}) = 4 \text{ дБ/м}$	EDFA980_Forward_I4.amp
2	Встречная накачка, Длина волны накачки 980 нм Эрбиевое волокно $\alpha(@ 980 \text{ нм}) = 4 \text{ дБ/м}$	EDFA980_Backward_I4.amp
3	Сонаправленная накачка, Длина волны накачки 1480 нм Эрбиевое волокно $\alpha(@ 980 \text{ нм}) = 4 \text{ дБ/м}$	EDFA1480_Forward_I4.amp
4	Встречная накачка, Длина волны накачки 1480 нм Эрбиевое волокно $\alpha(@ 980 \text{ нм}) = 4 \text{ дБ/м}$	EDFA1480_Backward_I4.amp
5	Сонаправленная накачка, Длина волны накачки 980 нм Эрбиевое волокно $\alpha(@ 980 \text{ нм}) = 6 \text{ дБ/м}$	EDFA980_Forward_I6.amp
6	Встречная накачка, Длина волны накачки 980 нм Эрбиевое волокно $\alpha(@ 980 \text{ нм}) = 6 \text{ дБ/м}$	EDFA980_Backward_I6.amp
7	Сонаправленная накачка, Длина волны накачки 1480 нм Эрбиевое волокно $\alpha(@ 980 \text{ нм}) = 6 \text{ дБ/м}$	EDFA1480_Forward_I6.amp
8	Встречная накачка, Длина волны накачки 1480 нм Эрбиевое волокно $\alpha(@ 980 \text{ нм}) = 6 \text{ дБ/м}$	EDFA1480_Backward_I6.amp

Зарисуйте схему исследуемого усилителя.

3. Запишите параметры эрбиевого волокна. Для этого дважды кликните на пиктограмму



В диалоговом окне нажмите на кнопку “Giles alpha Parameter (Signal)” и зарисуйте спектр поглощения в диапазоне длин волн сигнала.

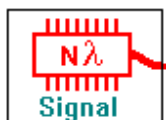
Затем нажмите на кнопку “Giles alpha Parameter (Pump)” и зарисуйте спектр поглощения накачки в эрбиевом волокне.

Нажав на кнопку “Giles g^* Parameter ” зарисуйте спектр коэффициента усиления эрбиевого волокна.

4. Задайте длину эрбиевого волокна равную 10 м. Для этого в диалоговом окне параметров эрбиевого волокна в строке “Fiber Length” введите нужное значение. Нажмите “Apply”.

Рис. 1 – Меню установки параметров эрбиевого волокна

5. Установите параметры информационного сигнала системы уплотнения. Для этого дважды кликните на пиктограмме “Multiply Source”



В диалоговом окне задайте границы С-диапазона (1530 – 1565 нм) и количество оптических каналов равное 40. Мощность каждого оптического канала задайте на уровне минус 30 дБм. Нажмите кнопку “Apply”.

6. Установите параметры накачки. Для этого дважды кликните на пиктограмме модуля накачки “980 Pump” или “1480 Pump”



В диалоговом окне выставьте длину волны накачки в соответствии с вариантом. Мощность накачки установите на уровне 50 мВт. Нажмите кнопку “Apply”.

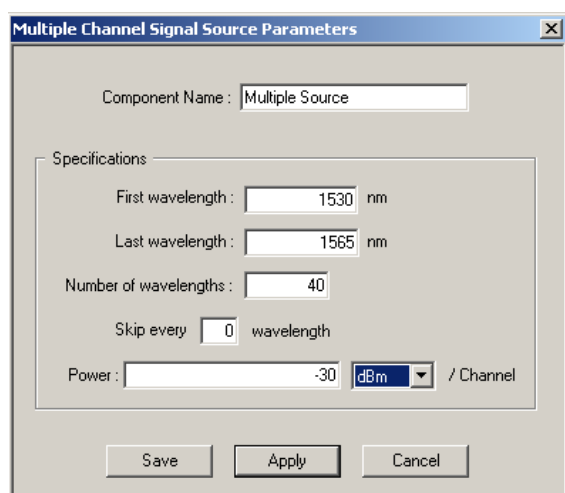


Рис. 2 – Меню настройки сигнала

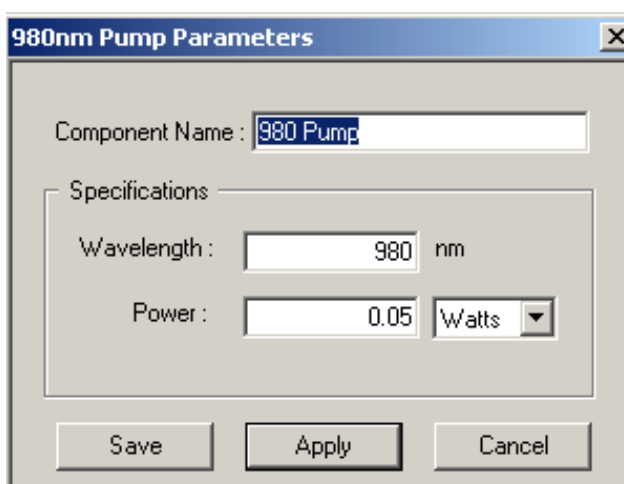
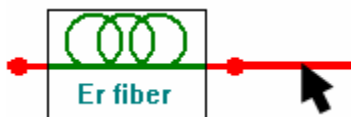


Рис. 3 – Меню настройки накачки

8. Запустите процесс моделирования, нажав на кнопку  в панели инструментов.

9. Зарисуйте спектры шума усиленного спонтанного излучения (ASE) в прямом и обратном направлении. Для этого дважды кликните на красной линии на выходе эрбиевого волокна.



В окне “Optical Power Spectra” выставьте единицу измерения дБм – dBm и выберите режим ASE. Для снятия спектра ASE в прямом направлении выберите режим “Forward”, а для встречного направления - режим “Backward”.

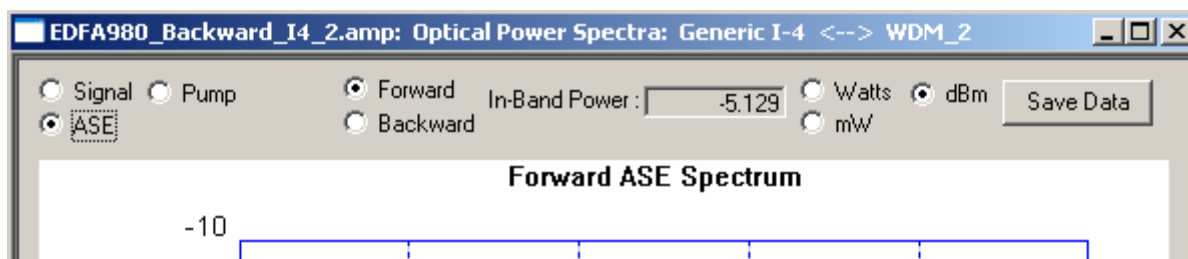


Рис. 4 – Измерение спектра шума усиленного спонтанного излучения

10. Зарисуйте спектр сигнала на выходе эрбиевого волокна. Для этого в окне “Optical Power Spectra” выберите режимы “Signal” и “Forward”.

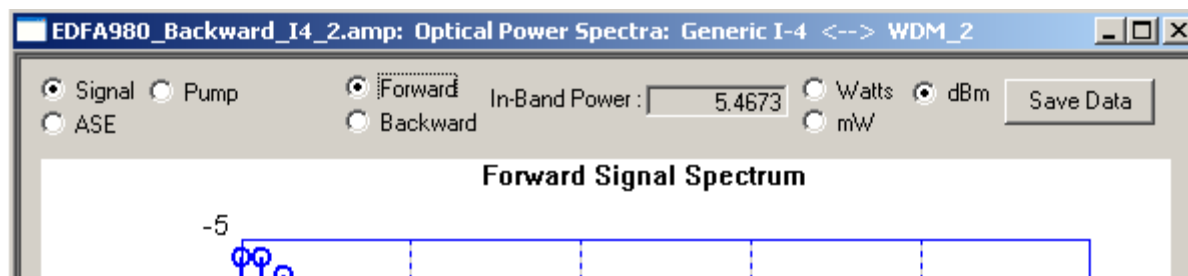
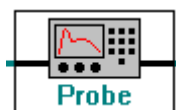


Рис. 5 – Измерение спектра усиленного сигнала

11. Дважды кликните на пиктограмме пробника, подключенного непосредственно к выходу эрбиевого волокна (для большинства вариантов это Probe).



Зарисуйте спектр усиления. Для этого нажмите кнопку “Gain”.

Примечание. Полученные значения можно сохранить в файл, который будет содержать два столбца: длину волны и мощность.

12. Оцените равномерность спектра усиления

Запишите значения в позициях

Average Gain – Среднее значения усиления

Maximum Gain – Максимальное усиление

Minimum Gain – Минимальное усиление

Gain Flatness (P-P) – Равномерность усиления

Gain Tilt – Наклон усиления

Сделайте выводы о качестве усиления.

13. Зарисуйте спектр шум-фактора. Для этого нажмите кнопку “Noise Figure”.

Сделайте выводы о характеристике спектра шум-фактора.

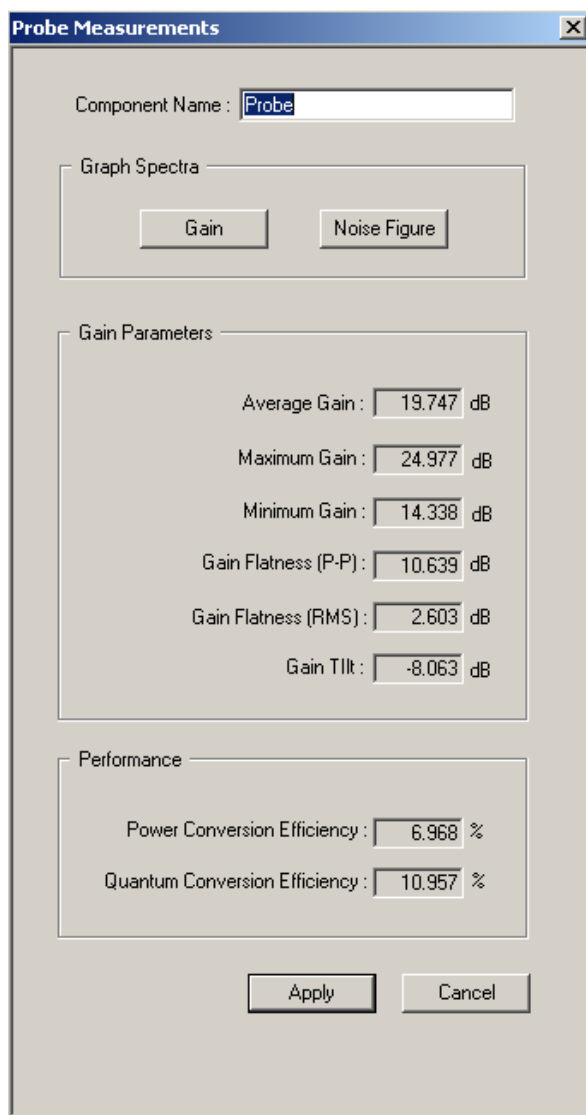


Рис. 6 – Измерение параметров усиления

14. Для получения равномерного спектра усиления в исследуемой схеме используется оптический фильтр-эквалайзер.

Для оптимизации передаточной функции фильтра-эквалайзера в панели инструментов нажмите кнопку “GFF OPT”



В диалоговом окне выставьте имя фильтра “GFF Filter Name”, для которого производите оптимизацию и имя пробника “Gain Probe Name”, который подключен к выходу этого фильтра (для большинства вариантов это Probe_2).

Равномерность характеристики фильтра выставьте равным 0.5 дБ по критерию “Peak-to-Peak”

Нажмите кнопку “Optimize”.

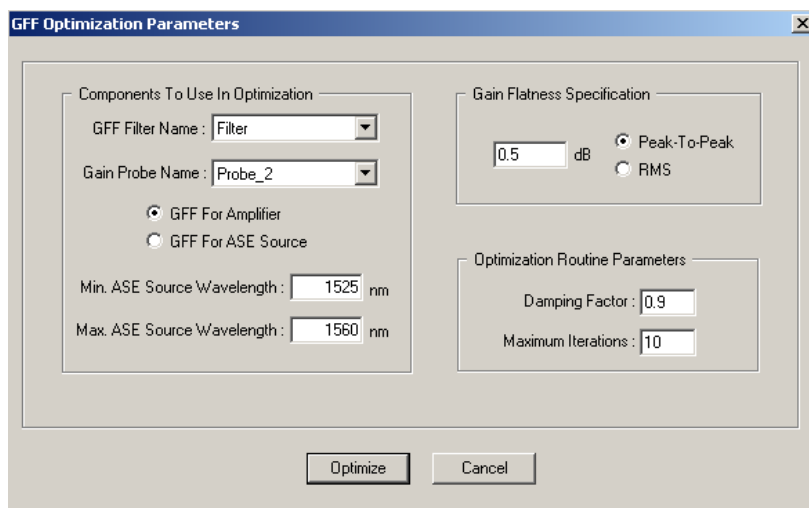


Рис. 7 – Меню настройки фильтра

15. После окончания оптимизации дважды кликните на пиктограмме пробника, подключенного к выходу фильтра-эквалайзера (для большинства вариантов это Probe_2).

Зарисуйте спектр усиления. Для этого нажмите кнопку “Gain”.

16. Оцените равномерность спектра усиления, аналогично п. 12. Сделайте выводы о качестве характеристики усиления.

17. Зарисуйте спектр шум-фактора, аналогично п. 13. Сделайте выводы о характеристике спектра шум-фактора.

18. Далее увеличивая мощность накачки на 25 мВт (см. п. 6) повторите пункты п. 11, п. 13. Всего измерения произвести при 4-х значениях мощности сигнала накачки. Результаты привести в виде двух графиков, на которых будут изображены спектры усиления и шума-фактора, соответственно. Значения для минимального коэффициента усиления и максимального шум-фактора записать в таблицу 2.

19. Далее, изменяя длину эрбиевого волокна до 20 метров, произвести измерения аналогично п. 18, только заполняя таблицу 2, без построения графиков.

Примечание. При изменении параметров накачки или длины эрбиевого волокна не забывайте заново запускать процесс моделирования, нажатием на кнопку  в панели инструментов.

Таблица 2. Зависимость характеристик оптического усилителя

Мощность накачки, мВт	Коэффициент усиления G (минимальный), дБ				Шум-фактор NF (максимальный), дБ			
	5 м	10 м	15 м	20 м	5 м	10 м	15 м	20 м
50								
75								
100								
125								

20. По данным таблицы 2 построить графики зависимости коэффициента усиления от мощности накачки и графики зависимости шум-фактора от мощности накачки для четырех значений длин эрбиевого волокна.

Сделайте выводы о зависимости G и NF от параметров накачки и длины эрбиевого волокна.

21. Произведите исследование зависимости коэффициента усиления от мощности сигнала на входе. Для этого выставьте параметры накачки и длины волокна примерно соответствующие коэффициенту усиления 25 дБ. Изменяйте уровень мощности оптического канала от -30 до -9 дБм с шагом в 3 дБм. (см. п.5). Определите суммарную мощность на входе, используя формулу:

$$P_{\Sigma} = P_{ch} + 10 \log_{10}(N_{ch})$$

Дважды кликнув на пиктограмме пробника, подключенного непосредственно к выходу эрбиевого волокна (Probe), определите минимальное (minimum), среднее (average) и максимальное (maximum) значения коэффициента усиления. Полученные значения запишите в таблицу 3.

Постройте график зависимости коэффициентов усиления от суммарной мощности на входе.

Таблица 3. Зависимость коэффициента усиления от входной мощности сигнала

Мощность опт. канала, дБм	Кол-во каналов	Суммарная мощность на входе, дБм	Коэффициент усиления, дБ		
			Мин.	Средний	Макс.
-30					
...					
-10					

Определите уровень суммарной мощности на входе и мощности оптического канала при заданном количестве несущих, при котором средний коэффициент усиления уменьшается на 3 дБ.

22. Отчет должен содержать: цели и задачи лабораторной работы, схему исследуемого усилителя и параметры эрбиевого волокна, результаты моделирования в виде таблиц и графиков, выводы о зависимости коэффициента усиления и шум-фактора от параметров эрбиевого волокна и источника накачки, выводы о зависимости коэффициента усиления от мощности входного сигнала.

Приложение 1. Оптический усилитель на основе волокна, легированного эрбием

П1.2. Принцип работы оптических усилителей на основе эрбиевого волокна

Оптические усилители на основе волокна легированного эрбием (EDFA) являются основой для построения экономически эффективных ВОЛП с ВОСП-СП и сетей на их основе. Усилители EDFA обеспечивают непосредственное усиление оптических сигналов, без их преобразования в электрические сигналы и обратно, обладают низким уровнем шумов, а их рабочий диапазон длин волн практически точно соответствует окну прозрачности кварцевого оптического волокна и основным рабочим диапазонам ВОСП-СП (С и L диапазоны). Оптические усилители работают независимо от протокола сигнала или метода модуляции оптического сигнала. Усилители EDFA открывают возможность передачи модулированного оптического сигнала на очень большие расстояния без необходимости восстановления и регенерации передаваемой информации. Применение усилителей EDFA позволяет создавать полностью оптические сети, в которых обработка сигнала электронными компонентами происходит только в начальной (где информация впервые попадает в сеть) и конечной (где информация достигает конечного получателя) точках сети.

Усилитель EDFA состоит из отрезка волокна, легированного эрбием. В таком волокне сигналы определенных длин волн могут усиливаться за счет энергии внешнего излучения накачки.

На рисунке П1 представлена стандартная оптическая структура оптического усилителя на волокне, легированного эрбием с источником двойной накачки. Излучение сигнала и лазера накачки объединяются вместе в волновом мультиплексоре WDM, и затем вводятся в волокно, легированное эрбием (EDF). Два лазера формируют двухкаскадный лазер накачки. Возбужденное излучением лазера накачки EDF выполняет функцию усиления. Оптические изоляторы служат для предотвращения проникновения в оптический усилитель постороннего излучения с линии. Оптические ответвители отводят малую часть сигнала (порядка 1%) на фотодетекторы системы контроля.

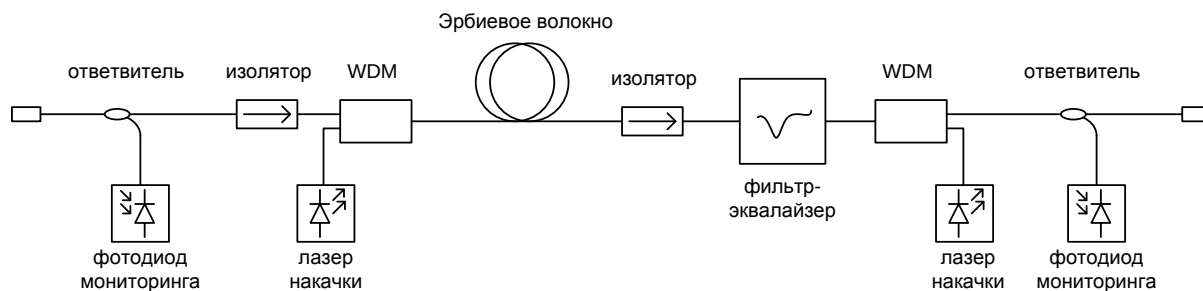


Рисунок П1. Структурная схема оптического усилителя EDFA

Волокно, легированное эрбием (EDF), легированное с Er^{3+} заданной плотности, является центральной частью оптоволоконного усилителя. На рис. 7.5. приведена диаграмма энергетических уровней Er^{3+} . Валентный ион элемента Er^{3+} имеет трехуровневую структуру (E1, E2 и E3), где E1 - основное состояние, E2 – метастабильное состояние и E3 – верхний уровень (возбужденное состояние).

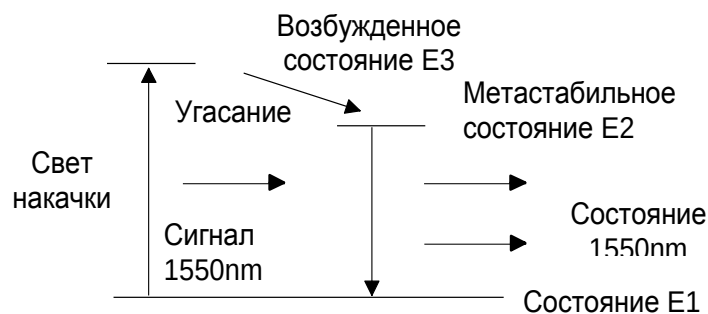


Рисунок П2. Диаграмма энергетических уровней EDFA

Когда применяется мощный лазер накачки для возбуждения EDF, большое количество ионов эрбия возбуждаются от основного состояния до верхнего уровня E3. Однако верхний уровень не является стабильным, и ионы эрбия вскоре переходят в метастабильное состояние E2 вследствие неизлучательного убывающего процесса (т. е. фотоны не излучаются). Уровень E2 является метастабильной энергетической зоной, у которой период жизни довольно большой. Таким образом, осуществляется распределение инверсии населенности. Когда оптический сигнал с длиной волны 1550 нм проходит через волокно, легированное эрбием, ионы в метастабильном состоянии переходят в основное состояние за счет вынужденного излучения и генерации фотонов, схожих с фотонами светового сигнала. Таким образом, значительно увеличивается количество фотонов в световом сигнале, то есть, выполняется функция непрерывного усиления светового сигнала, передаваемого в EDF.

П1.2 Технические параметры оптических усилителей

Ключевые параметры, характеризующие оптический усилитель на основе волокна, легированного эрбием: рабочий диапазон длин волн, коэффициент усиления, минимальный и максимальный уровень сигнала на входе, мощность насыщения, шум-фактор.

Коэффициент усиления G (gain) – одна из самых важных измеряемых характеристик оптического усилителя определяется из соотношения

$$G = \frac{P_{s.out}}{P_{s.in}}$$

где $P_{s.in}$ и $P_{s.out}$ - мощности информационных сигналов на входе и выходе усилителя. Логарифмический эквивалент определяется по формуле

$$g = 10 \lg G, \text{ дБ.}$$

Коэффициент усиления зависит от множества параметров, которые по отдельности или вместе, могут влиять на эффективность усилителя. Коэффициент усиления зависит от длины волны сигнала, состояния поляризации на входе и мощности сигнала. Коэффициент усиления оптического усилителя в значительной степени зависит от уровня входного сигнала. Обычно усилитель хорошо усиливает слабые входные сигналы (например, типичный коэффициент усиления >30 дБ для предусилителя EDFA достигается при входном сигнале < -20 дБм). Для входных сигналов средней мощности коэффициент усиления начинает отклоняться от прежнего значения. Точка спада на кривой коэффициента усиления является важным параметром усилителя. Она определяется по уровню спада на 3 дБ коэффициента усиления относительно усиления слабых сигналов (см. рисунок ПЗ).

Мощность насыщения $P_{out.sat}$ (saturation output power) - определяет максимальную выходную мощность усилителя. Большее значение мощности позволяет увеличивать расстояние безретрансляционного участка. Этот параметр варьируется в зависимости от модели оптического усилителя. У мощных EDFA он может превосходить 36 дБм (4 Вт).

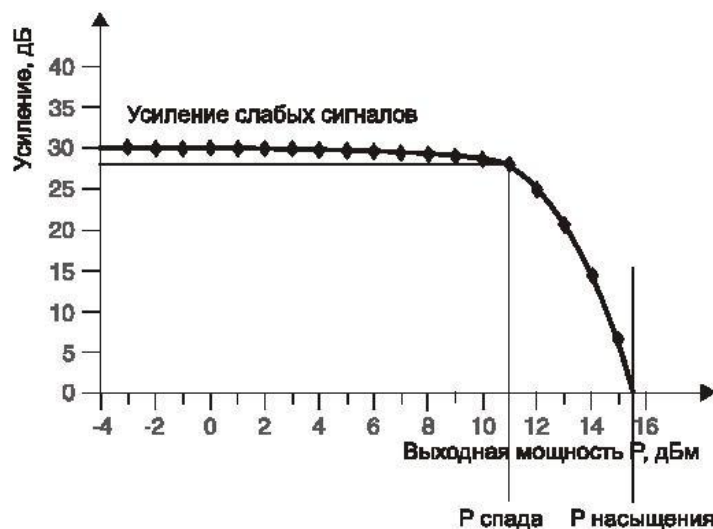


Рисунок ПЗ. Зависимость уровня усиления от мощности сигнала на входе

Шумовые характеристики усилителя определяются мощностью усиленного спонтанного излучения P_{ASE} . В отсутствии входного сигнала EDFA является источником спонтанного излучения фотонов. Спектр излучения зависит от формы энергетической зоны атомов эрбия и от статистического распределения заселенностей уровней зоны. Спонтанно образованные фотоны, распространяясь по волокну в активной зоне

усилителя EDFA, тиражируются, в результате чего создаются вторичные фотоны на той же длине волны, с той же фазой, поляризацией и направлением распространения. Результирующий спектр спонтанных фотонов называется усиленным спонтанным излучением (см. рисунок П4). Его мощность нормируется в расчете на 1 Гц и имеет размерность Вт/Гц. Если на вход усилителя подается сигнал, от лазера, то определенная доля энергетических переходов, ранее работавшая на усиленное спонтанное излучение, начинает происходить под действием сигнала от лазера, усиливая входной сигнал. Таким образом происходит не только усиление полезного входного сигнала, но и ослабление P_{ASE} (см. рисунок П4).

При подаче на вход мультиплексного сигнала происходит дальнейший отток мощности от P_{ASE} в пользу усиливаемых мультиплексных каналов. Обычно усилители работают в режиме насыщения по отношению к сигналу на выходе. Это создает естественное выравнивание уровней сигналов в каналах, что крайне желательно особенно для протяженных линий с большим числом последовательных усилителей. Если лазер, предшествующий усилителю, генерирует излучение в спектральном окне $\Delta\nu$ ($\Delta\nu = \frac{c}{\lambda^2} \Delta\lambda$, где c - скорость света), и

соответственно в этом же окне пропускает сигнал фильтр в приемном оптоэлектронном модуле, то вклад в мощность шума на выходе благодаря усиленному спонтанному излучению будет равен

$$P_{ASE\Delta\nu} = P_{ASE}\Delta\nu.$$

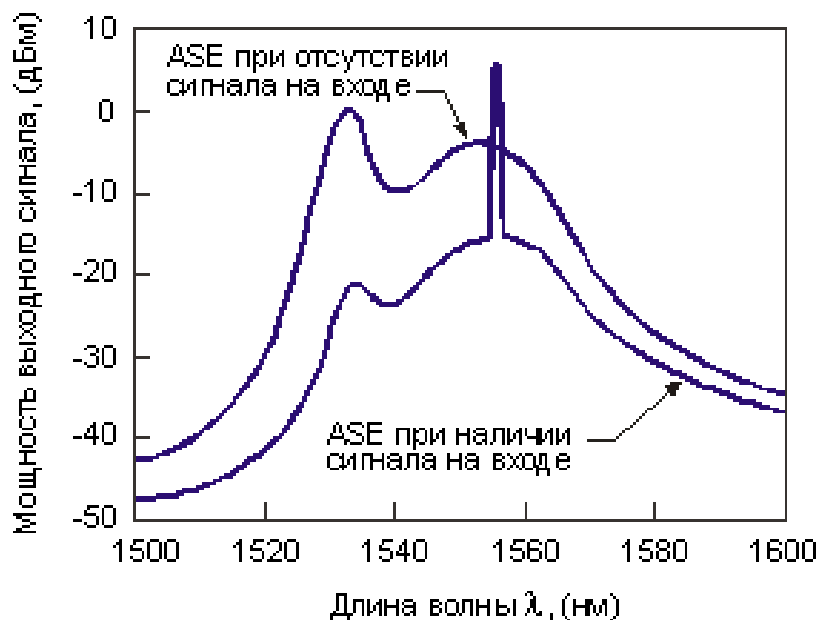


Рисунок П4 Спектр на выходе EDFA

Таким образом, оптические линии с каскадом EDFA проявляют себя лучше, когда мультиплексный сигнал представлен более узкими в

спектральном отношении отдельными каналами. Использование узкополосных фильтров непосредственно перед приемным оптоэлектронным модулем, настроенных на рабочую длину волны, также помогает уменьшить уровень шума от усиленного спонтанного излучения.

Большие собственные временные постоянные EDFA – постоянная времени перехода в метастабильное состояние ~ 1 мкс, время жизни метастабильного состояния ~ 10 мкс – устраняют кросс-модуляцию ASE в усилителе и делает более стабильной работу каскада оптических усилителей. Мощность усиленного спонтанного излучения связана к коэффициентом усиления формулой

$$P_{ASE} = h\nu \frac{n_{sp}}{\eta} (G - 1)$$

где h - постоянная планка, равная $6,6252 \cdot 10^{-34}$ Вт·с², ν - частота (Гц), соответствующая длине волны λ из диапазона 1530-1560 нм, n_{sp} - коэффициент спонтанной эмиссии, η - квантовая эффективность. В идеальном случае $n_{sp} = \eta = 1$ при $G \gg 1$ отнесенная ко входу мощность усиленного спонтанного излучения идеального квантового усилителя P_{ASE}/G просто равна $h\nu$, что при $\lambda = 1550$ нм составляет 1.28×10^{-19} Вт/Гц в расчете на спектральную полосу 1 Гц. Размеру окна анализатора в 0,8 нм соответствует спектральное окно в 100 ГГц, что определяет приведенную к входу величину эффективной мощности усиленного спонтанного излучения 1.28×10^{-8} Вт или -48,9 дБм.

Шум-фактор NF (noise figure) характеризует ухудшение отношения сигнал/шум после прохождения сигнала через оптический усилитель и определяется как отношение сигнал/шум на входе (SNR_{in}) к отношению сигнал/шум на выходе (SNR_{out}):

$$NF = \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} = \frac{P_{s.in}}{P_{n.in}} \bigg/ \frac{P_{s.out}}{P_{n.out}},$$

Важно отметить, что мощность шума на входе является квантово-ограниченной минимальной величиной и определяется нулевыми флуктуациями вакуума $P_{n.in} = h\nu\Delta\nu$. Мощность шума на выходе состоит из суммы мощности усиленного спонтанного излучения $P_{ASE_{\Delta\nu}}$ и мощности шума нулевых флуктуаций вакуума, которые проходят через усилитель без изменения: $P_{n.out} = P_{ASE_{\Delta\nu}} + h\nu\Delta\nu$. Если учесть, что $\frac{P_{s.out}}{P_{s.in}} = G$, то шум-фактор можно выразить через коэффициент усиления и

мощность усиленного спонтанного излучения:

$$NF = \frac{1}{G} \left(1 + \frac{P_{ASE}}{h\nu} \right),$$

Часто при описании EDFA значение шум-фактора указывается в дБ:

$$nf = 10 \lg(NF)$$

Минимальный шум-фактор равен 1 (0 дБ) и достигается при $n_{sp}/\eta=1$ или при $G=1$. Это означает, что усилитель вносит минимальный шум, равный шуму идеального оптического усилителя. На практике nf идеального EDFA составляет 3 дБ ($10 \lg 2$), так как существует два направления поляризации (две моды), в связи с чем $n_{sp} = 2$, а типичные значения составляют 5÷6 дБ.

При использовании каскада из нескольких усилителей полный шум-фактор возрастает. Полный шум-фактор NF двух усилителей, характеризующихся соответственно усилением G_1 и G_2 , и шум-факторами NF_1 и NF_2 . Тогда полный шум-фактор записывается в виде

$$NF_{tot} = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1}.$$

Как и в случае радиочастотных усилителей, лучший способ получения устройства с низкошумящими характеристиками состоит в использовании низкошумящего усилителя с большим усилением в качестве первого каскада и шумящего усилителя высокой мощности в качестве второго каскада. Первый каскад определяет также шумовую характеристику многокаскадного усилителя.

Для ВОСП-СР также важна такие характеристики оптического усилителя как ширина полосы усиления и равномерность коэффициента усиления во всей полосе (плоскостность спектральной характеристики). Равномерность коэффициента усиления определяется максимальным разбросом коэффициента усиления различных каналов при одной и той же входной мощности. Требование к равномерности спектра усиления обусловлено необходимостью иметь одинаковое усиление сигнала в каждом спектральном канале. Как правило, ни один из усилителей не имеет плоской спектральной характеристики, поэтому выравнивание спектра усиления осуществляется оптическими фильтрами различных типов. В основном усилители, применяемые в системах со спектральным уплотнением, имеют неравномерность коэффициента усиления в пределах не более 1-2 дБ во всей полосе усиления.

Накопление шумов за счет проявления шум-фактора в нескольких последовательно расположенных в линии связи усилителях EDFA может привести к непоправимой деградации оптического сигнала. Точный учет шум-фактора усилителей необходим для определения предельного числа каскадов усиления, а, следовательно, и максимальной длины линии связи.

Лабораторная работа № 7

Цель работы: Получения практических навыков измерения вносимых потерь на стыках строительных длин оптических кабелей методом обратного рассеяния.

Литература.

1. Измерения на ВОЛП. Учебное пособие для вузов / Андреев В.А. [и др.]. – Самара: ООО «Издательство АСГАРД», 2015. – 225 с.
2. Измерения на ВОЛП методом обратного рассеяния. Учебное пособие для вузов / Андреев В.А., Бурдин В.А., Баскаков В.С., Косова А.Л. – Самара, СРТТЦ ПГАТИ, 2015. – 122 с.
3. Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон. – М.: ЛЕСАРарт, 2005. 208 с.
4. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский ; ред. В. А. Андреев. - [17-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Горячая линия - Телеком, 2011. – Т. 1 : Теория передачи и влияния. - 422 с.
5. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учебник для вузов : в 2 т. / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов, В. Б. Попов ; редактор В. А. Андреев. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2010. – Т. 2 : Проектирование, строительство и техническая эксплуатация. - 424 с.

Контрольные вопросы

1. Расскажите общие положения теории метода обратного рассеяния.
2. Поясните принцип действия оптических рефлектометров OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). Нарисуйте структурную схему OTDR. Поясните назначение блоков.
3. Нарисуйте типичную рефлектограмму ВОЛП, указав на ней все возможные типы неоднородностей.
4. Приведите основные рабочие параметры OTDR: динамический диапазон, разрешающая способность и т.д.
5. Какие параметры ВОЛП, могут быть измерены методом обратного рассеяния?
6. Поясните, как корректно произвести выбор и установку параметров измерения OTDR. Каковы требования к отношению сигнал-шум при измерении коэффициента затухания ОВ, потерь на сварном соединении, общих потерь на элементарном кабельном участке (ЭКУ) ВОЛП?
7. Поясните как зависят характеристики обратного рассеяния от параметров измерения.
8. Поясните как выполняются измерения расстояния до неоднородности. Каковы факторы, влияющие на точность измерения оптической длины?

9. Поясните как выполняются измерения коэффициента затухания на квазирегулярном участке. Каковы требования к условиям измерения? Какие факторы, влияют на точность измерения?
10. Поясните как выполняются измерения вносимых потерь на сварном соединении. при монтаже оптических муфт. Какая применяется схема измерения? Каковы нормы потерь на сварном соединении?
11. Поясните как выполняются измерения потерь на смонтированном ЭКУ с помощью OTDR. Поясните схему и порядок измерения, контролируемые параметры и нормы.

Общий порядок выполнения работы

1. В работе необходимо произвести измерения вносимых потерь на стыках строительных длин (сварных соединениях) оптических кабелей на двух длинах волн 1310 нм и 1550 нм.
2. Обработываемые рефлектограммы выбираются согласно номеру бригады из табл. 1.

Табл. 1

Названия файлов рефлектограмм для различных бригад		
№ бригады	Краткая характеристика	Имя файла
1	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-1-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-1-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1550 нм	ab-1-1550-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-1-1550-30.sor
2	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-2-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-2-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1550 нм	ab-2-1550-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-2-1550-30.sor
3	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-3-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-3-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ,	ab-3-1550-30.sor

	измеренная на длине волны 1550 нм	
9	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-9-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-9-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1550 нм	ab-9-1550-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-9-1550-30.sor

3. Схема ЭКУ ВОЛП, на котором производились измерения характеристик обратного рассеяния (рефлектограмм) ВОЛП приведена на рис.1.

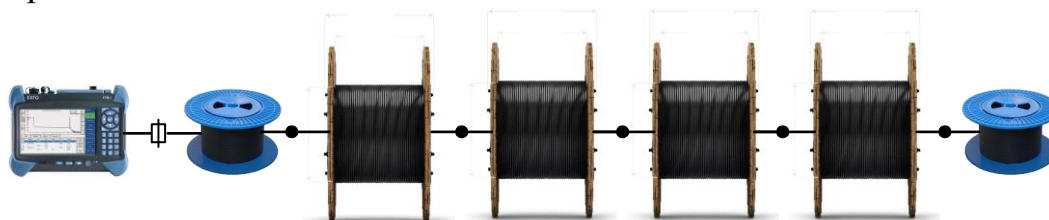


Рис. 1 – Схема ЭКУ ВОЛП

4. Откройте файл обрабатываемой рефлектограммы в заданной преподавателем оболочке рефлектометра (подробная последовательность работы в различных оболочках OTDR описана в методической разработке далее).
5. Произведите идентификацию всех неоднородностей и выполните измерения общей длины ЭКУ ВОЛП и расстояний до каждой неоднородности измеренных со стороны АБ и БА. Результаты запишите в табл. 2 в столбцы L_{AB} , L_{BA} .

Табл. 2

Результаты измерений								
№ Неоднородности	L_{AB} , км	L_{BA} , км	1310 нм			1550 нм		
			a_{AB} , дБ	a_{BA} , дБ	a_c , дБ	a_{AB} , дБ	a_{BA} , дБ	a_c , дБ
1								
2								
·								
·								
·								
n								
Общая длина ЭКУ ВОЛП								

6. Произведите измерения вносимых потерь на всех идентифицированных неоднородностях со стороны АБ и БА на двух длинах волн. Для этого необходимо выполнить обработку (измерения) четырёх рефлектограмм. Результаты занесите в табл. 2 в столбцы a_{AB} , дБ и a_{BA} ,
7. **Важно!** При выполнении измерений помните, что если неоднородность на рефлектограмме трассы со стороны АБ находится в начале линии, то эта же неоднородность на рефлектограмме со стороны БА будет находиться в конце линии (рис. 3).

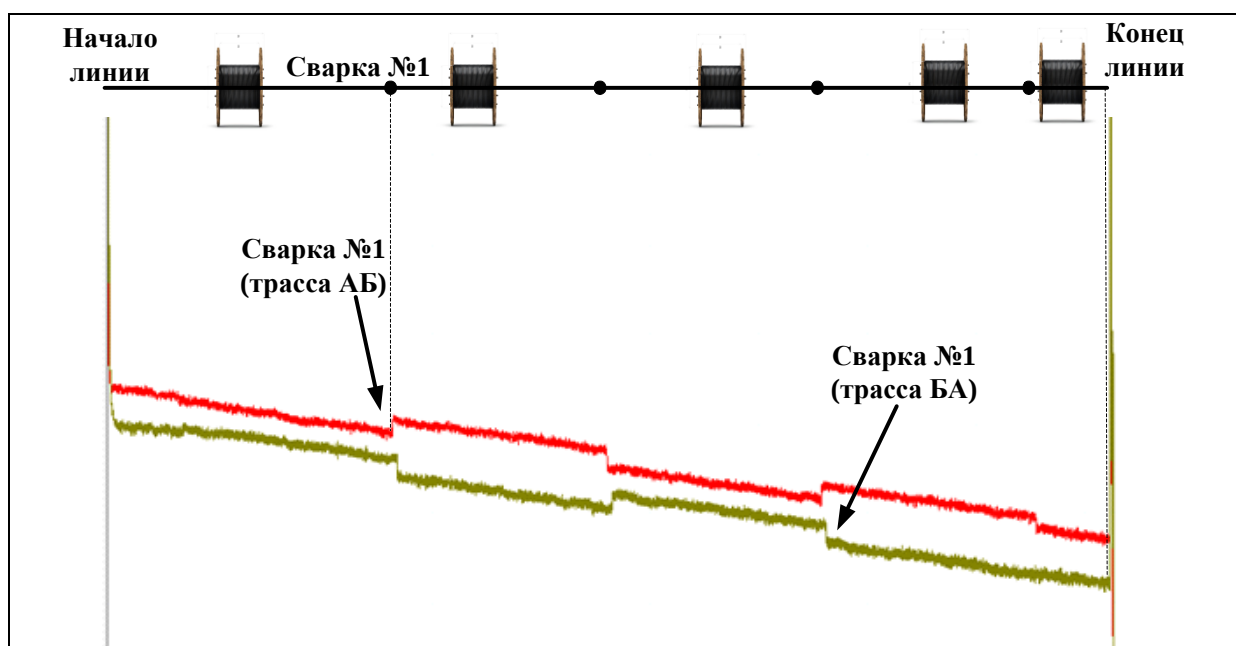


Рис. 3 – Пример рефлектограмм трассы ЭКУ ВОЛП со стороны АБ и БА

8. Для измерения вносимых потерь на неоднородности (сварном соединении) со стороны АБ и БА необходимо произвести корректную расстановку маркеров (4 или 5 маркеров в зависимости от того в какой оболочке работает измеритель)
9. На рис. 4 и рис. 5 представлены примеры расстановки маркеров на сварном соединении по пяти- и четырех-маркерным схемам. **Важно!** Четырех-маркерная схема отличается от пяти-маркерной тем, что отсутствует маркер, выставляемый на конец квазирегулярного участка перед неоднородностью. На рис. 4 – это маркер под номером 2.
10. После выполнения измерений вносимых потерь на сварных соединениях со стороны АБ и БА рассчитайте значение потерь на каждой неоднородности по формуле:

$$a_C = \frac{a_{AB} + a_{BA}}{2}, \text{ дБ}$$

Важно! Находится сумма $a_{AB} + a_{BA}$ с учетом знака. Пример: пусть $a_{AB} = 0,06$ дБ, $a_{BA} = -0,02$ дБ, тогда

$$a_C = \frac{a_{AB} + a_{BA}}{2} = \frac{0,06 + (-0,02)}{2} = \frac{0,06 - 0,02}{2} = 0,02, \text{ дБ}$$

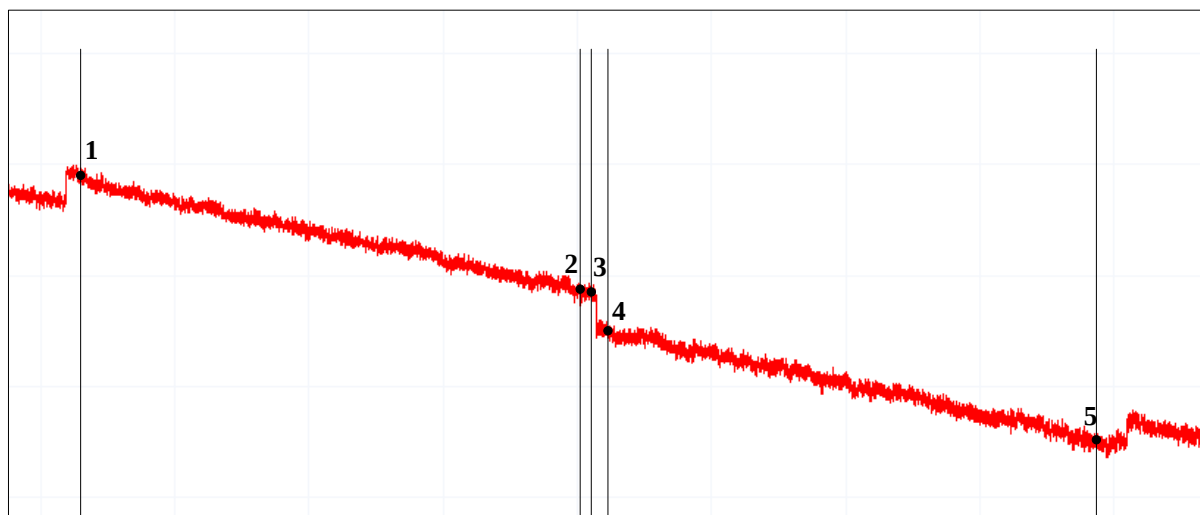


Рис. 4 – Пяти-маркерная схема расстановки маркеров для измерения вносимых потерь на сварном соединении

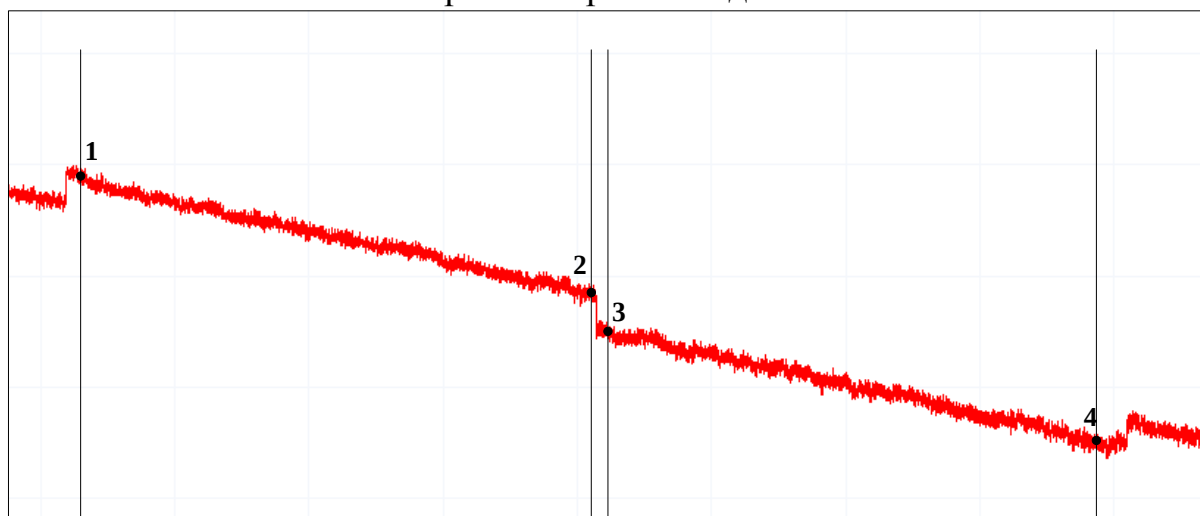


Рис. 5 – Четырех-маркерная схема расстановки маркеров для измерения вносимых потерь на сварном соединении

11. Значения a_C занесите в табл. 2 и выполните оценку потерь на всех неоднородностях (сварных соединениях) на соответствие нормам. Нормы потерь на сварных соединениях для двух длин волн приведены в табл. 3.
12. Сделайте выводы по проделанной работе.

Нормы потерь на сварных соединениях

Значения потерь на длине волны:	100 %	50 %
1310	0,2 дБ	0,1 дБ
1550	0,1 дБ	0,05 дБ

Порядок выполнения работы в оболочке OTDR Trace Viewer III

1. Загрузите оболочку OTDR Trace Viewer III.
2. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой. Для этого нажмите кнопку «Open File» показанную на рис. 6.

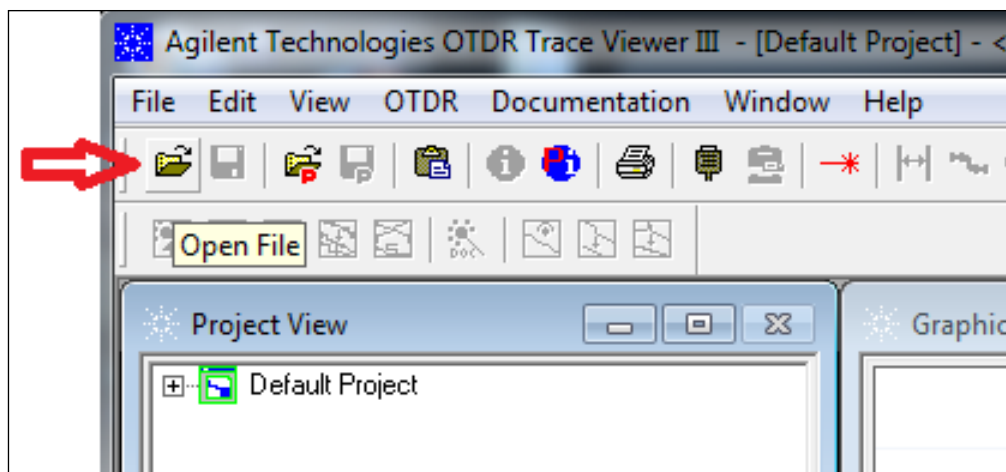


Рис. 6 – Вид оболочки OTDR Trace Viewer III

3. Далее необходимо выбрать в появившемся окне папку, соответствующую номеру варианта и нужный файл трассы со стороны АБ (рис. 7).

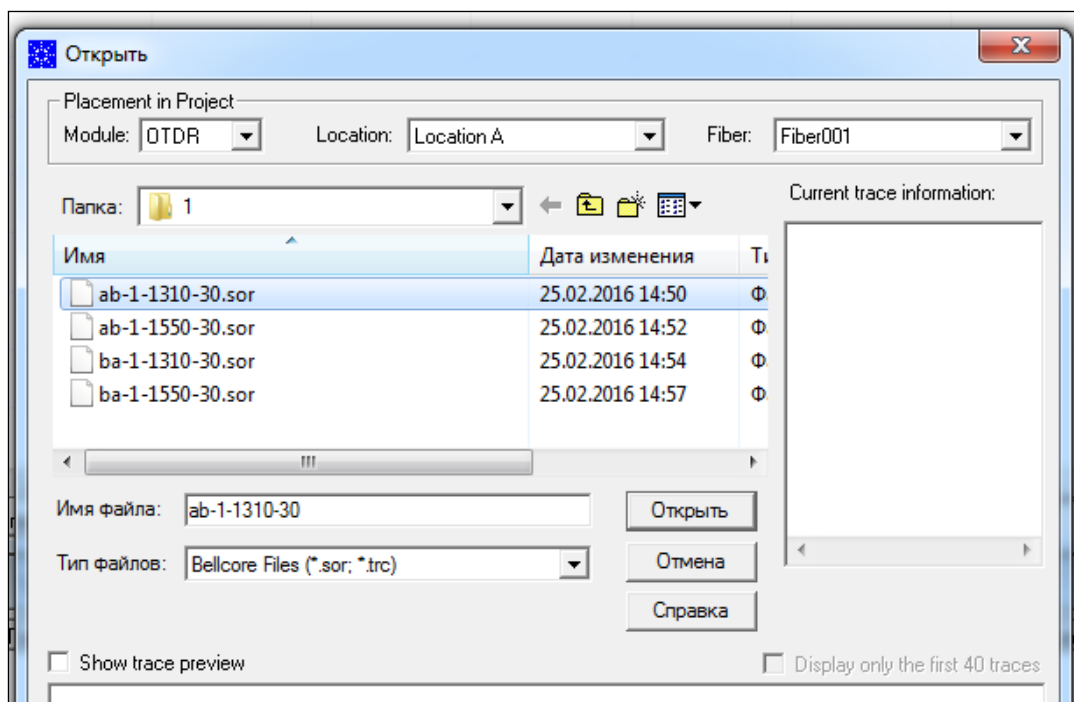


Рис. 7 – Вид оболочки OTDR Trace Viewer III

4. Названия файлов и краткое их описание приведены в табл. 1.
5. В окне «Graphical View – TraceView» отобразиться рефлектограмма трассы и маркеры А и В.

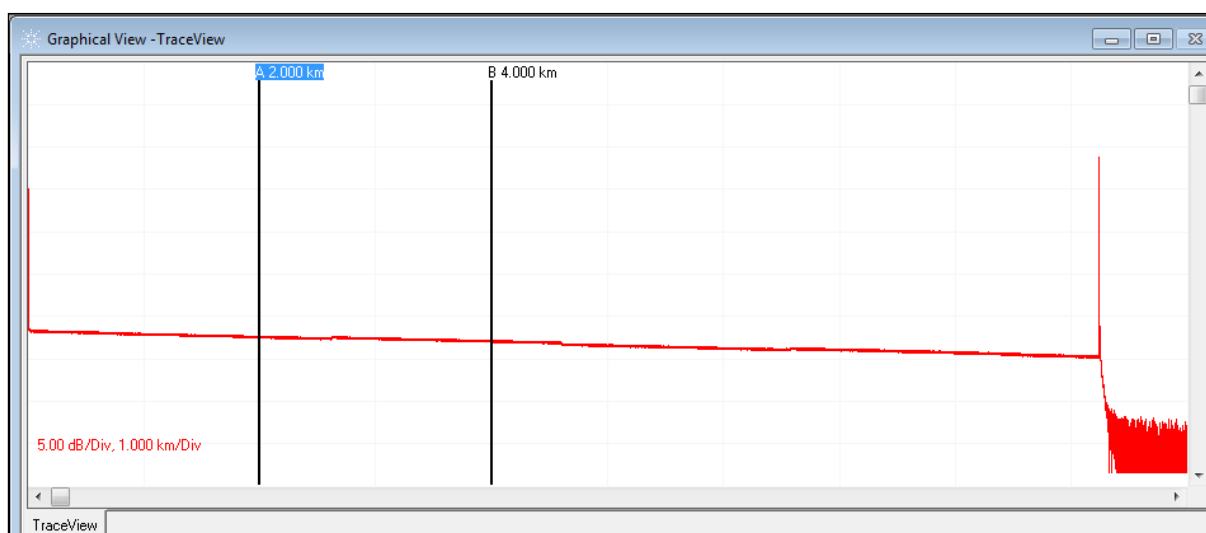


Рис. 8 – Вид рефлектограммы в оболочке OTDR Trace Viewer III

6. Обратите внимание, что активным является подсвеченный маркер.

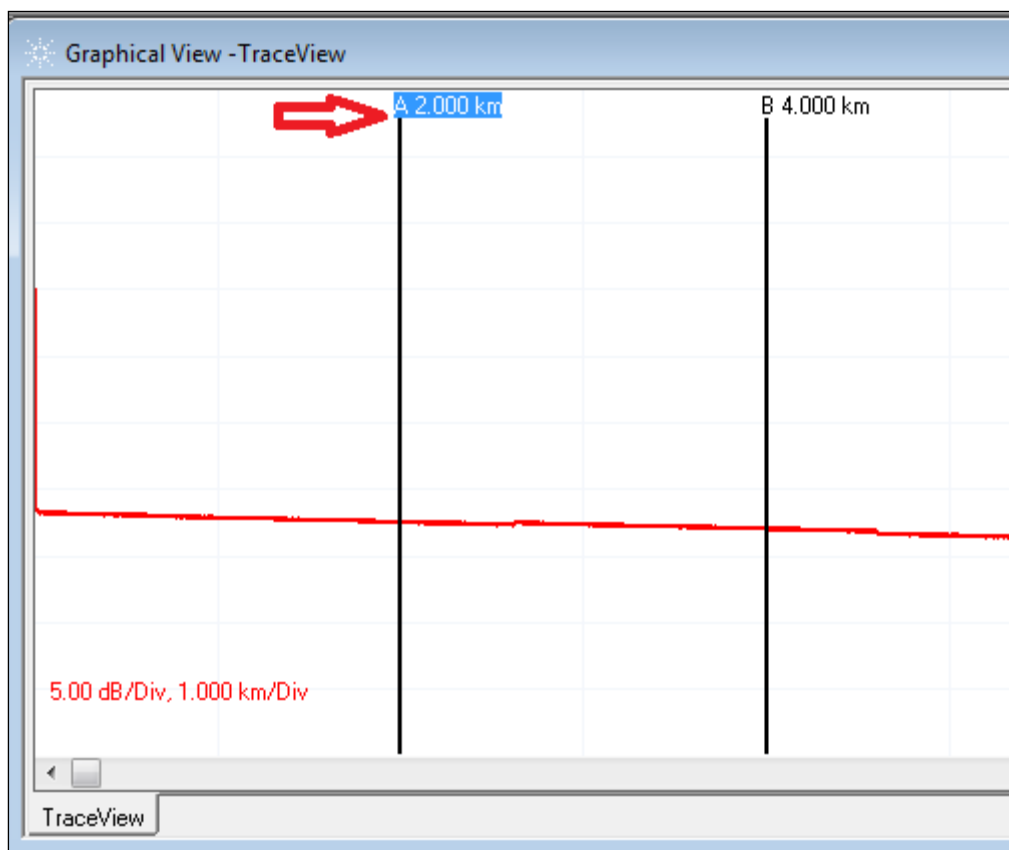


Рис. 9 – Маркеры на рефлектограмме трассы, стрелкой указан активный маркер

7. Измените масштаб рефлектограммы, так чтобы были видны стыки сварных соединений.

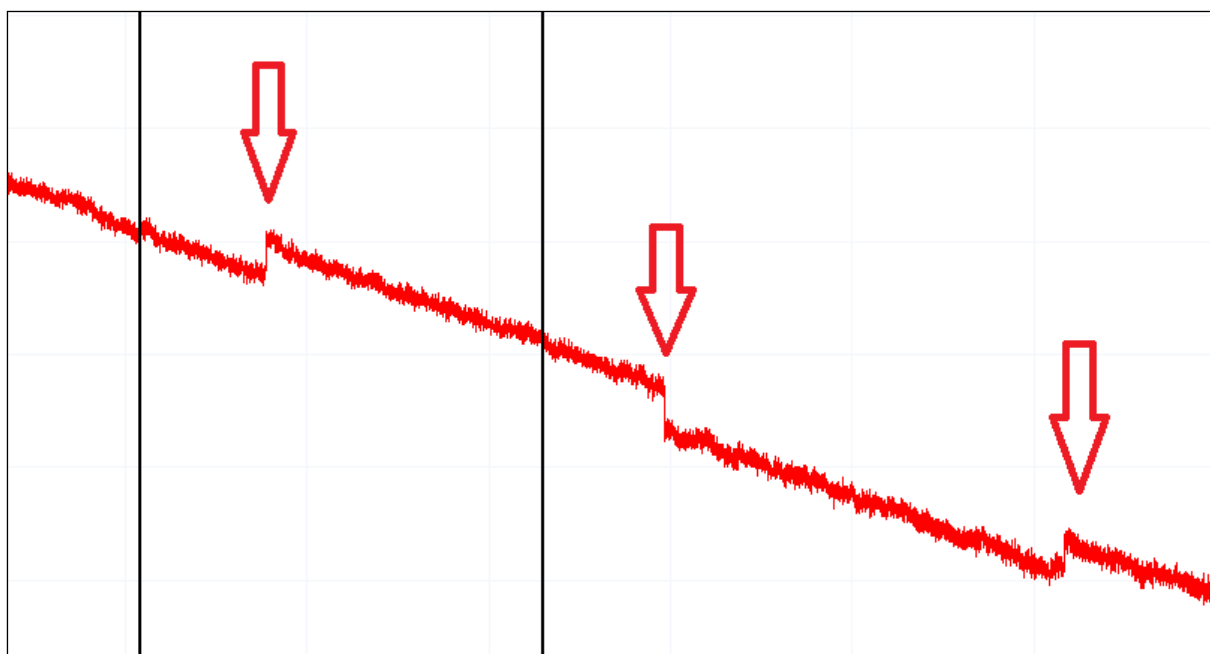


Рис. 10 – Вид участка рефлектограммы трассы в увеличенном масштабе: стрелками показаны стыки сварных соединений

8. Установите активный маркер на начало неоднородности, так как это показано на рисунке 11. Обратите внимание, что начало неоднородности там, где рефлектограмма резко искажается.

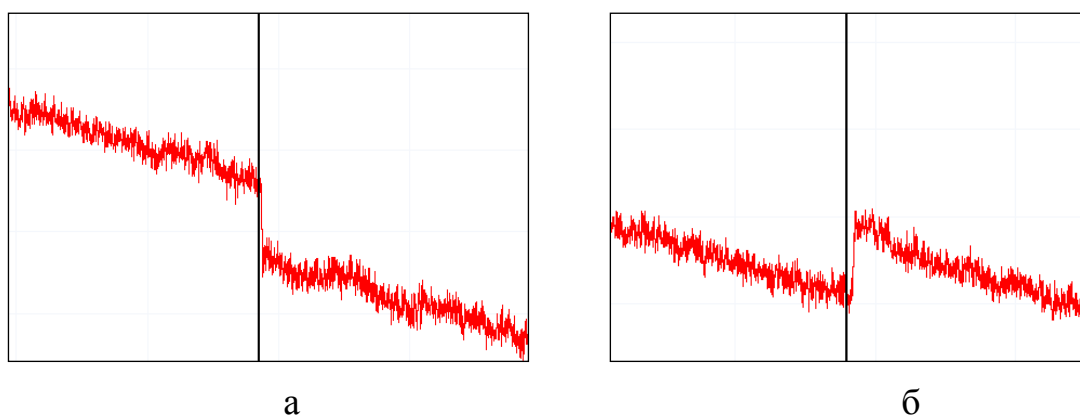


Рис. 11 – Установка активного маркера на «ступеньке» сварного соединения: а – «ступенька вниз», б – «ступенька вверх»

9. После установки маркера, нажмите кнопку, отмеченную стрелкой на рис. 12.

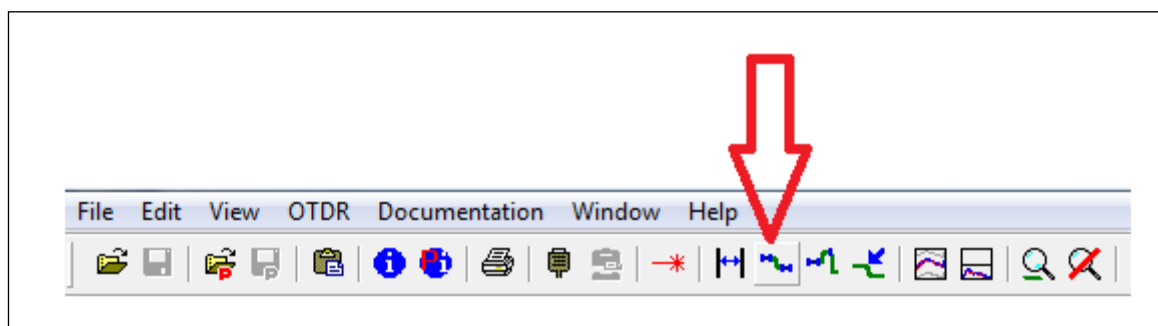


Рис. 12 – Вид оболочки OTDR Trace Viewer III

10. Около основного маркера появятся четыре дополнительных маркера, отмеченные точками и аппроксимирующие прямые между дополнительными маркерами.

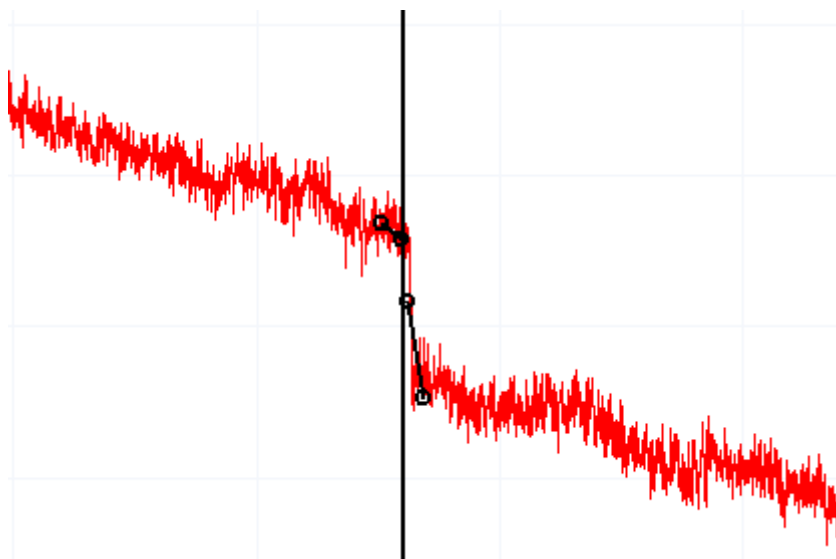
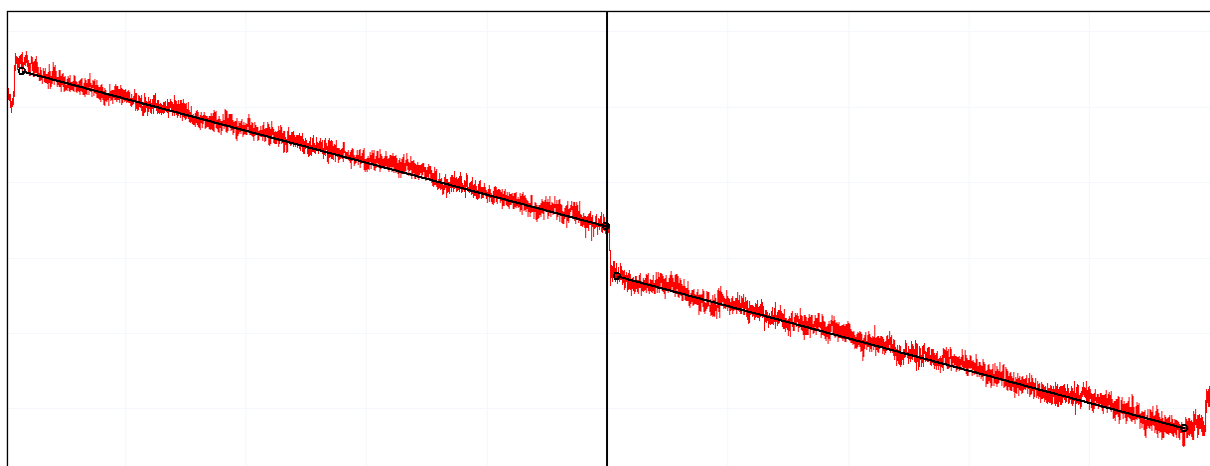
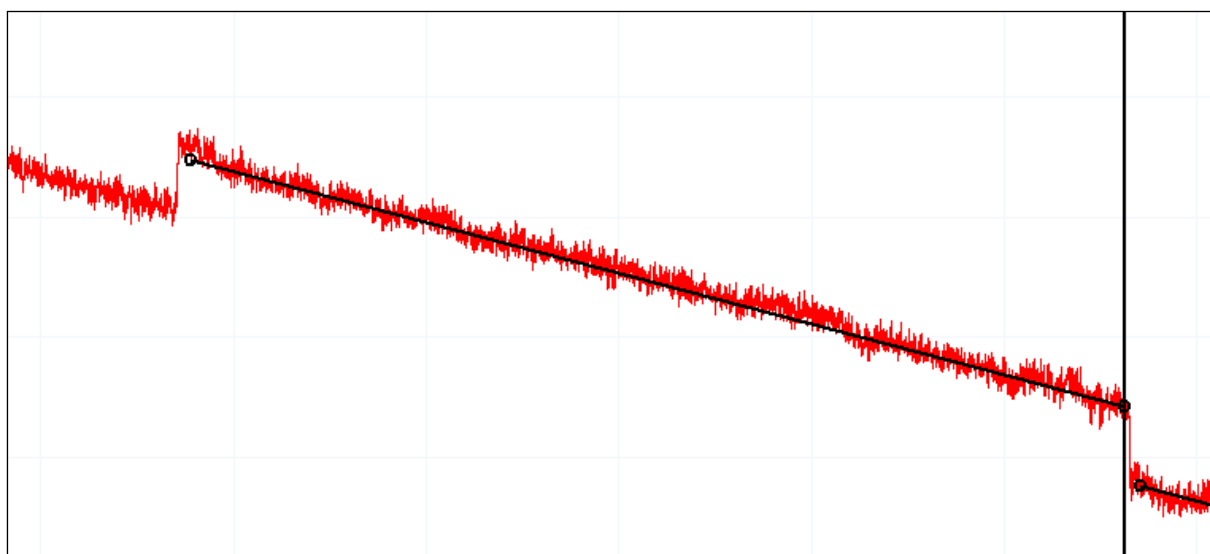


Рис. 13 – Вид маркера и прямых аппроксимации

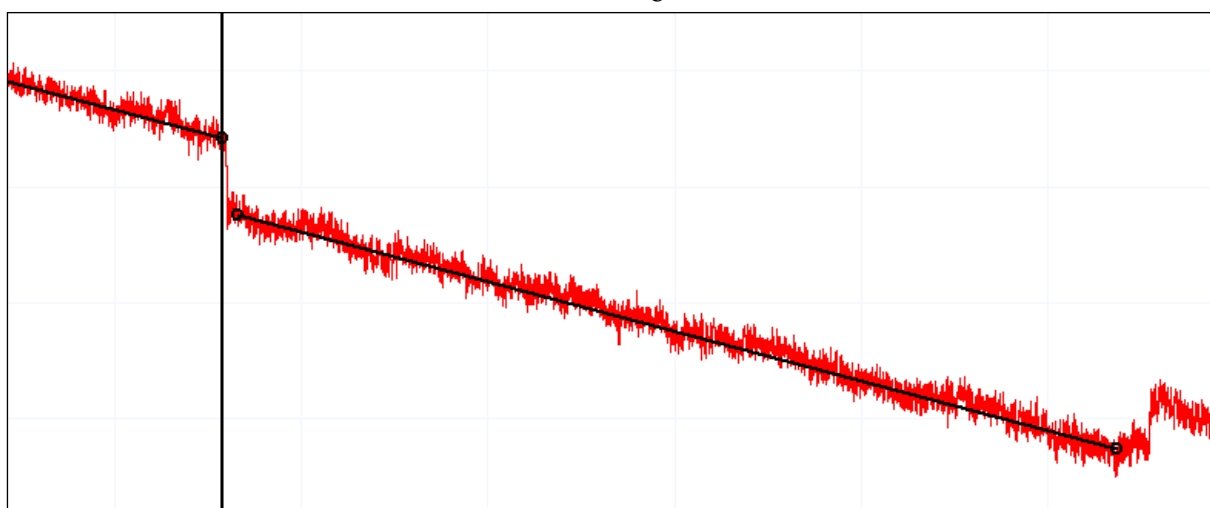
11. Измените, положение появившихся маркеров и соответственно прямых аппроксимации, так чтобы они оказались на квазирегулярных участках «до» и «после» неоднородности. При этом основной маркер по-прежнему должен быть установлен на начало неоднородности.
12. Маркеры, отмеченные точками, устанавливаются так, чтобы прямые аппроксимации занимали весь квазирегулярный участок. На рис. 14 показан пример корректной расстановки маркеров прямых аппроксимации.
13. На рис. 15 показаны примеры некорректной расстановки маркеров. В данном примере дополнительные маркеры расставлены так, что между каждой парой маркеров аппроксимируется не весь квазирегулярный участок, а лишь его небольшая часть. При такой расстановке маркеров результаты измерения потерь на неоднородности могут быть неточными. В общем случае точность измерений зависит от длины участков аппроксимации. Если длина участка не менее 1 км, то результаты будут достаточно точными. При уменьшении длины участка аппроксимации будет увеличиваться погрешность измерения. Это вызвано тем, что меняется наклон аппроксимирующих прямых.



а



б



в

Рис. 14 – Вид корректной расстановки маркеров: а – общий вид неоднородности и квазирегулярных участков, б – показан квазирегулярный участок до неоднородности, в – показан квазирегулярный участок после неоднородности

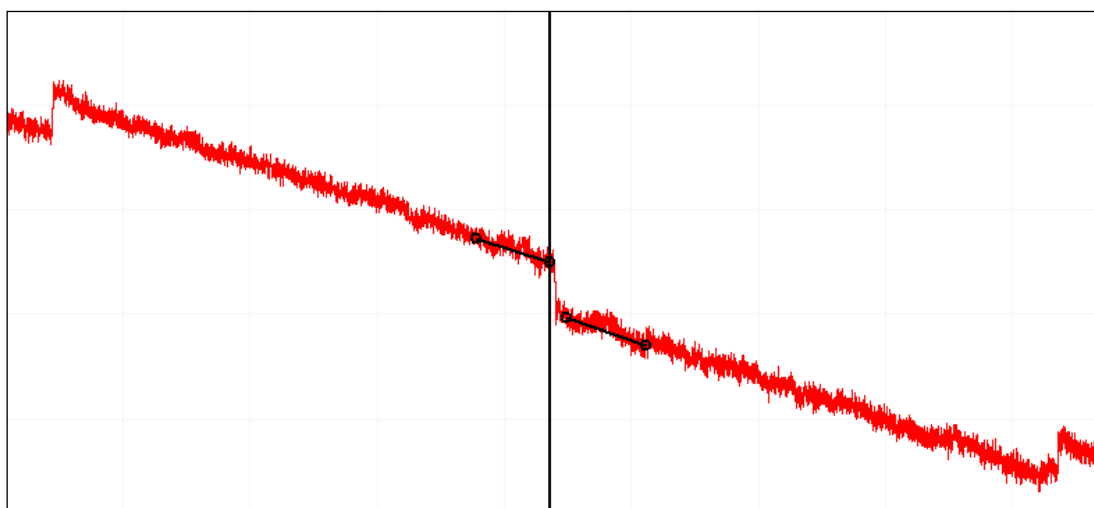


Рис. 15 – Пример некорректной расстановки маркеров: маркеры захватывают не весь квазирегулярный участок

14. На рис. 16 показан еще один пример некорректной расстановки маркеров. Первый маркер выходит за пределы квазирегулярного участка.

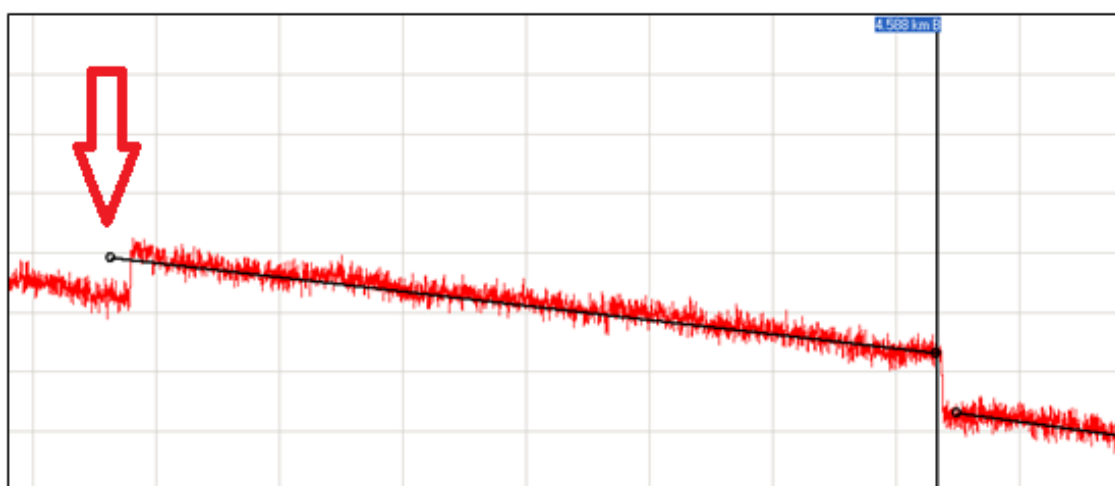


Рис. 16 – Пример некорректной расстановки маркеров: маркер слева от неоднородности выходит за пределы квазирегулярного участка

15. После корректной расстановки маркеров необходимо снять показания вносимых потерь на сварных соединениях. Это значение **Ins.Loss at A** или **Ins.Loss at B**, в зависимости от того какой маркер (А или В являлся активным). На рис. 17 – это значение **Ins Loss at B** равное 0,196 дБ.

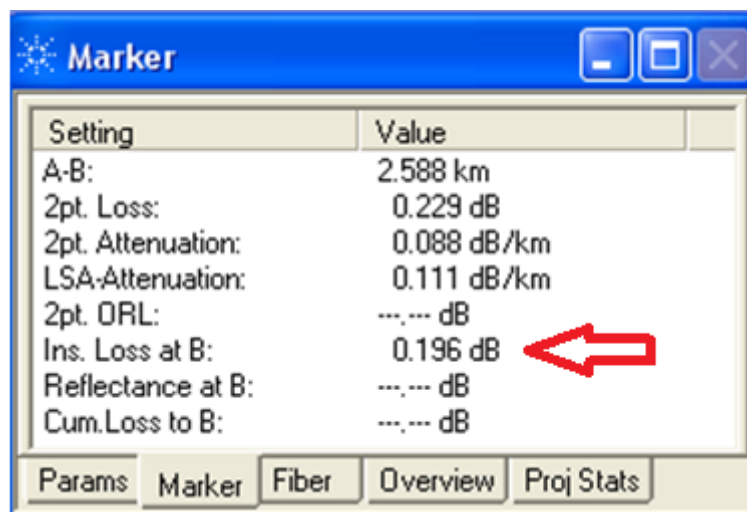


Рис. 17 – Вносимые потери на сварном соединении

16. Выполните измерения вносимых потерь на всех неоднородностях рефлектограммы трассы со стороны АБ.
17. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой со стороны БА.
18. Выполните измерения вносимых потерь на всех сварных соединениях трассы со стороны БА.
13. После выполнения измерений вносимых потерь на сварных соединениях со стороны АБ и БА рассчитайте значение потерь на каждой неоднородности по формуле:

$$a_C = \frac{a_{AB} + a_{BA}}{2}, \text{ дБ}$$

14. Значения a_C занесите в табл. 2 и выполните оценку потерь на всех неоднородностях (сварных соединениях) на соответствие нормам. Нормы потерь на сварных соединениях для двух длин волн приведены в табл. 3.
15. Сделайте выводы по проделанной работе.

Порядок выполнения работы в оболочке OTDR Fiber_Trace

1. Загрузите оболочку OTDR Fiber_Trace.
2. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой. Для этого нажмите кнопку «Open» показанную на рис. 18.

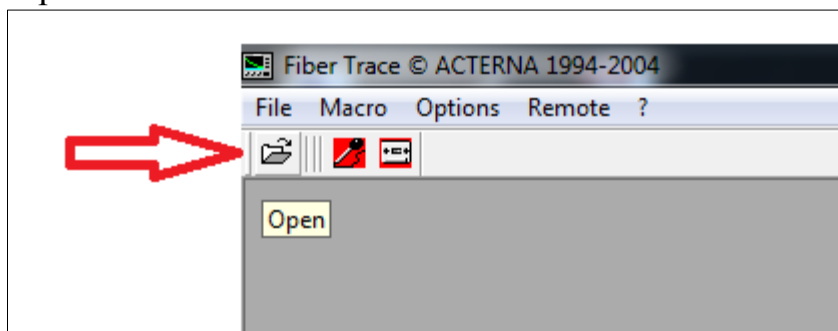


Рис. 18 – Вид оболочки OTDR Fiber_Trace

3. Далее необходимо выбрать в появившемся окне папку, соответствующую номеру варианта и нужный файл трассы со стороны АБ (рис. 19).

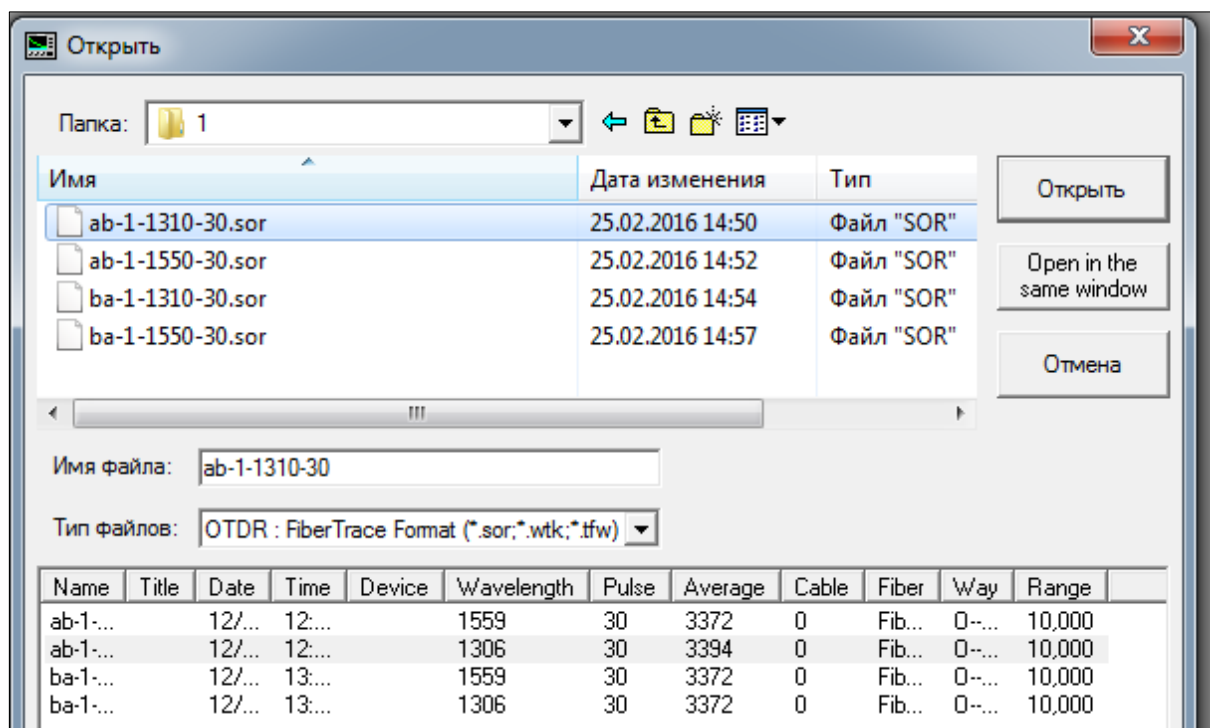


Рис. 19 - Вид оболочки OTDR Fiber_Trace

4. Выполните масштабирование рефлектограммы, так чтобы хорошо различать все имеющиеся на рефлектограмме неоднородности. Для этого нажмите кнопку «Zoom» (рис. 20). Курсор мышки изменит вид на значок «лупы». Выделите курсором мышки масштабируемый уча-

сток рефлектограммы. После того, как вы отпустите курсор мышки, выделенный участок будет показан в увеличенном масштабе.

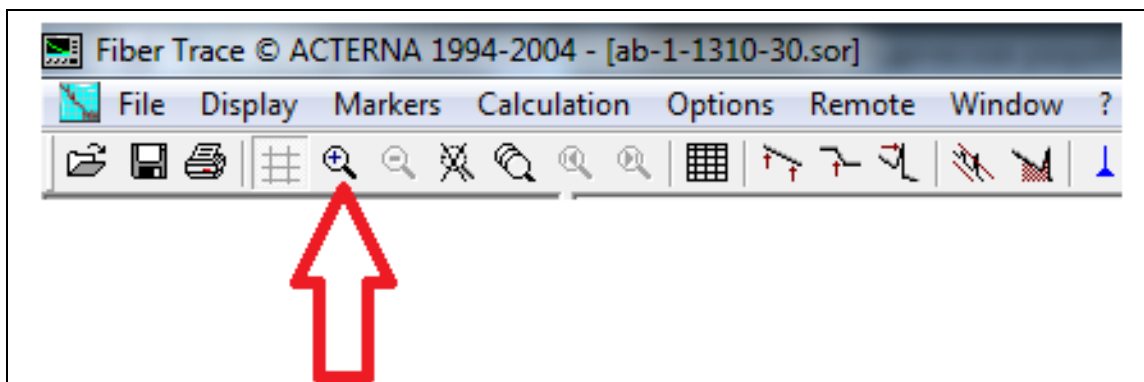


Рис. 20 – Кнопка «Zoom»

5. При необходимости возврата к первоначальному масштабу нажмите кнопку «Zoom reset» (рис. 21).

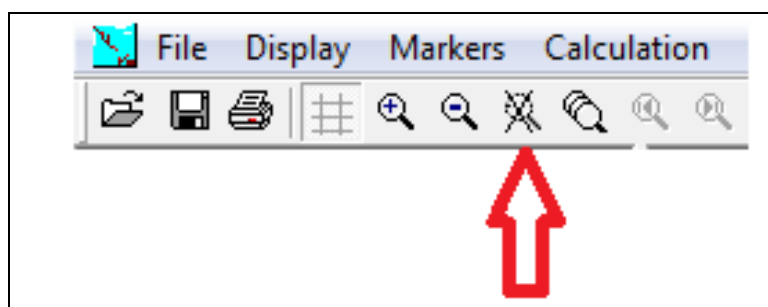


Рис. 21 – Кнопка «Zoom reset»

6. Выделите квазирегулярный участок до неоднородности, поставив сначала маркер А на конец квазирегулярного участка, непосредственно перед неоднородностью, затем поставив маркер В на начало квазирегулярного участка, как это показано на рис. 22.
7. Нажмите кнопку «Calculate slope» (рис. 23). После этого квазирегулярный участок будет выделен скобками (рис. 24).
8. Расставьте маркеры А и В на квазирегулярном участке после неоднородности и нажмите кнопку «Calculate slope» (рис. 25).
9. Поставьте маркер А на начало неоднородности (рис. 27).
10. Нажмите кнопку «Calculate Splice» (рис. 28). Рядом с неоднородностью появятся значения потерь на сварном соединении и расстояние до неоднородности.
11. Для того чтобы лучше было видно данные показания, измените масштаб, нажав кнопку «Zoom reset» (рис. 29).
12. Запишите значения потерь на сварном соединении, измеренные со стороны АБ. На рис. 29 это значение **0,191 dB** (0,191 дБ).

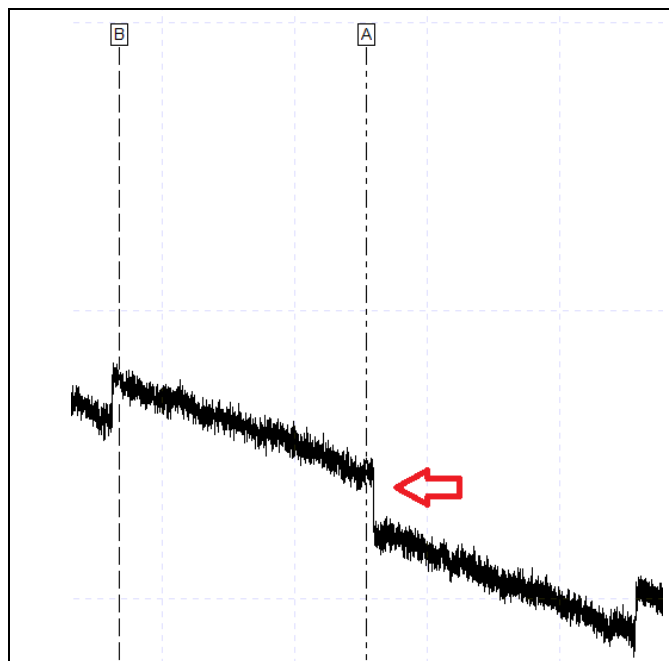


Рис. 22 – Расстановка маркеров на квазирегулярном участке до неоднородности (стрелкой показана сама неоднородность)

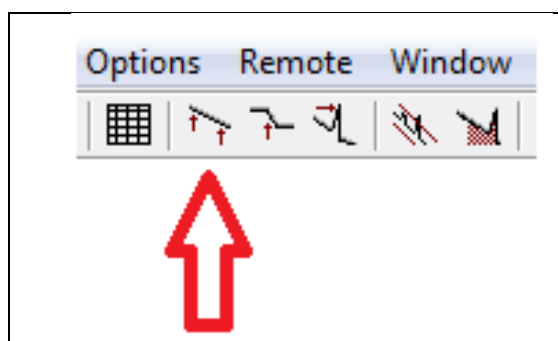


Рис. 23 – Кнопка «Calculate slope»

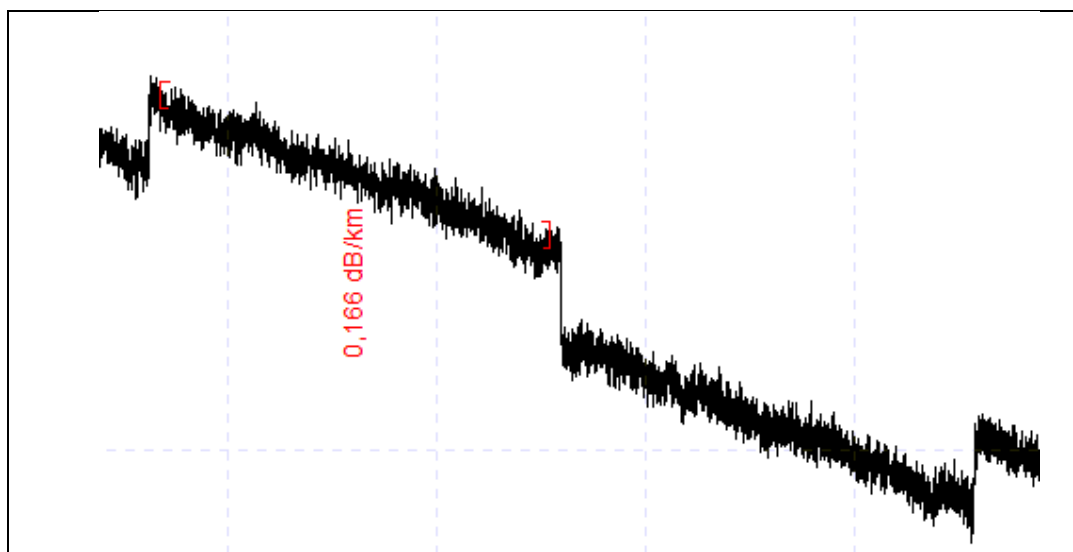


Рис. 24 – Вид квазирегулярного участка после нажатия

кнопки «Calculate slope»

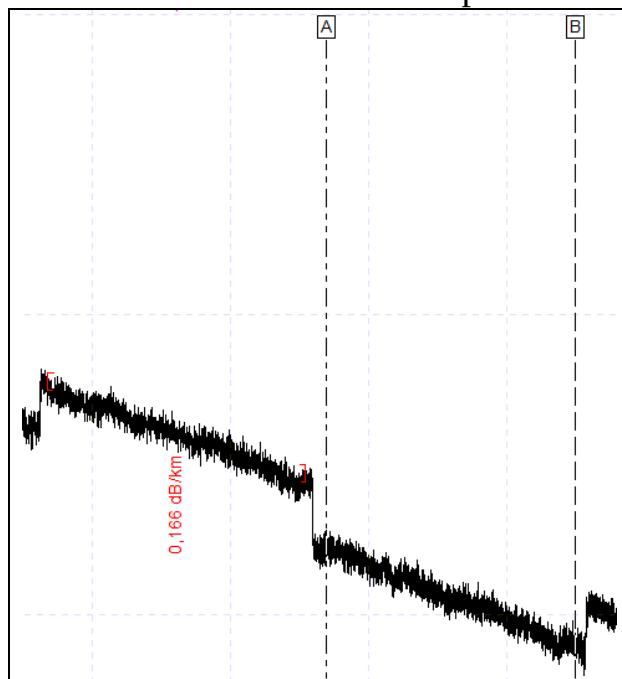


Рис. 25 – Расстановка маркеров на квазирегулярном участке после неоднородности

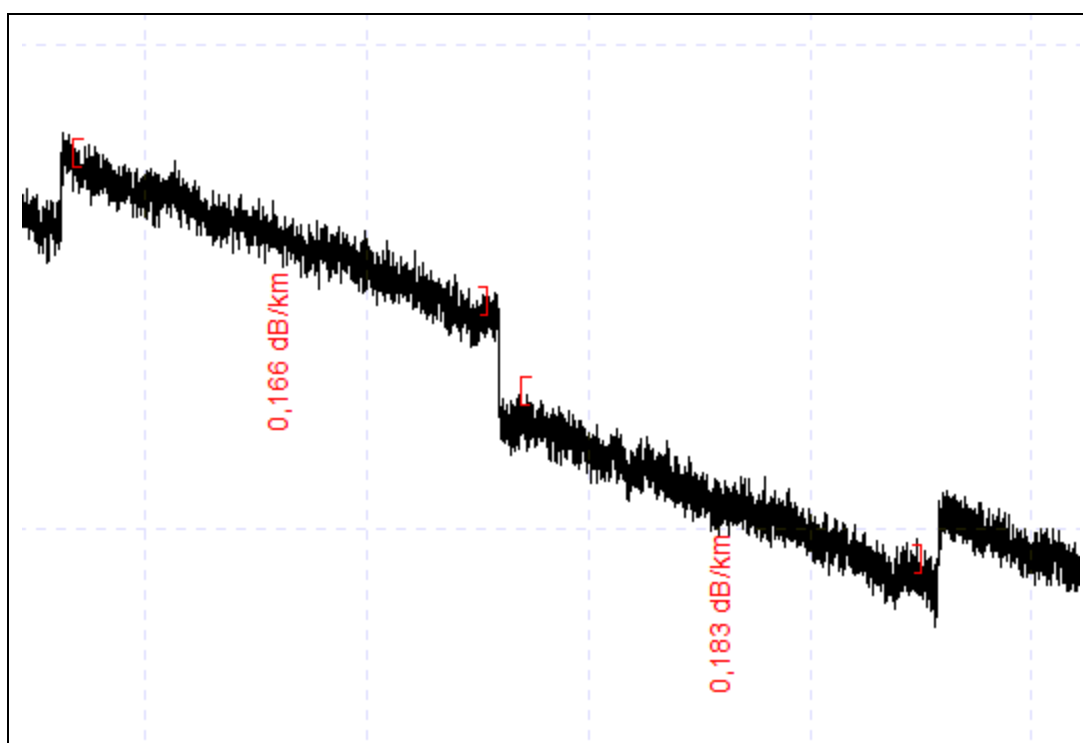


Рис. 26 – Вид квазирегулярного участка после нажатия кнопки «Calculate slope»

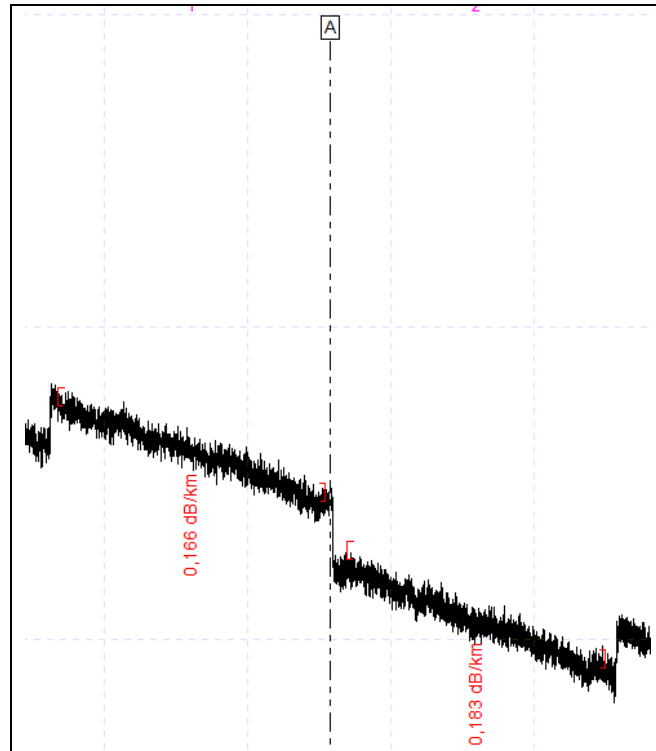


Рис. 27 – На рисунке показан маркер А на неоднородности

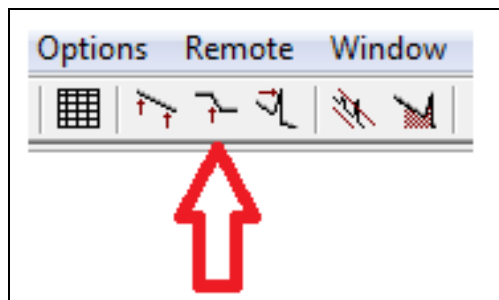


Рис. 28 – Кнопка «Calculate Splice»

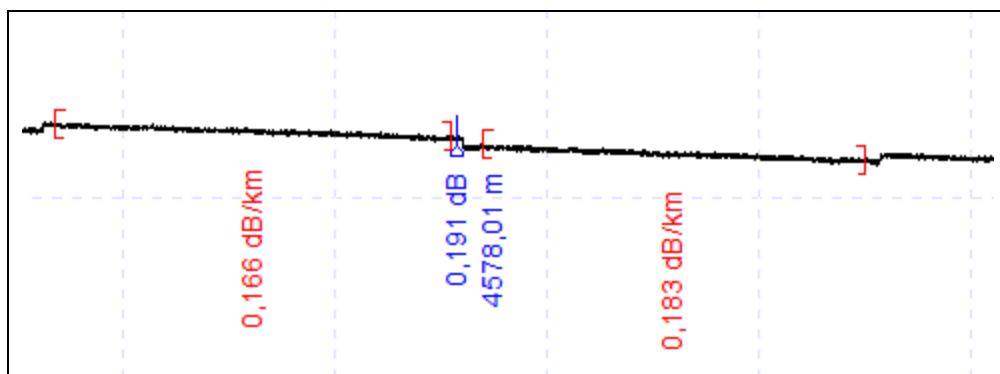


Рис. 29 – Вид рефлектограммы после нажатия кнопки «Zoom reset»

19.Аналогичным образом выполните измерения вносимых потерь на всех неоднородностях рефлектограммы трассы со стороны АБ.

20. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой со стороны БА.
21. Выполните измерения вносимых потерь на всех сварных соединениях трассы со стороны БА.
16. После выполнения измерений вносимых потерь на сварных соединениях со стороны АБ и БА рассчитайте значение потерь на каждой неоднородности по формуле:

$$a_c = \frac{a_{AB} + a_{BA}}{2}, \text{ дБ}$$
17. Значения a_c занесите в табл. 2 и выполните оценку потерь на всех неоднородностях (сварных соединениях) на соответствие нормам. Нормы потерь на сварных соединениях для двух длин волн приведены в табл. 3.
18. Сделайте выводы по проделанной работе.

Приложение 1. Принцип действия OTDR

Оптический рефлектометр OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) посылает в линию мощный зондирующий оптический импульс и измеряет мощность и время запаздывания импульсов, вернувшихся обратно в рефлектометр (обратнорассеянный поток) [3]. В оптических волокнах обратнорассеянный поток образуется не только за счет отражения от больших (по сравнению с длиной волны) дефектов, но и за счет релеевского рассеяния. Рассеяние света происходит на флуктуациях показателя преломления кварцевого стекла, застывших при вытяжке волокна. Размер этих неоднородностей (релеевских центров) мал по сравнению с длиной волны и свет на них рассеивается во все стороны, в том числе и назад в моду волокна (рис. П.1).

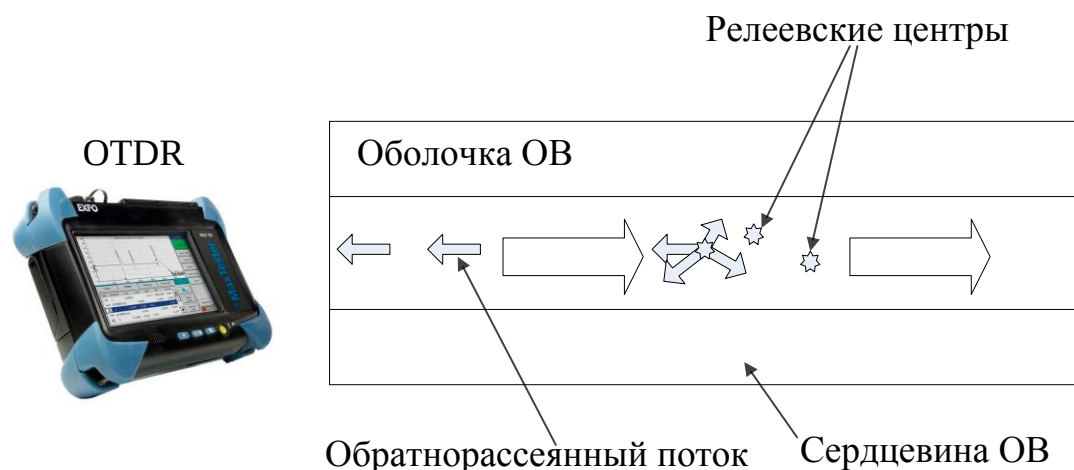


Рис. П.1 – Принцип действия оптического рефлектометра OTDR

Релеевские центры распределены однородно вдоль волокна, и в рассеянном на них потоке содержится информация обо всех параметрах ли-

нии, влияющих на поглощение света. Именно за счет детектирования рассеянного излучения удастся обнаруживать неотражающие (поглощающие) неоднородности в волокне. Например, по сигналу обратного релеевского рассеяния света можно измерить распределение потерь в строительных длинах оптических кабелей и потери в сращениях волокон. Такие измерения нельзя выполнить, регистрируя только отраженное (а не рассеянное) излучение. Доля мощности света, рассеиваемая назад в моду волокна крайне мала. Например, при ширине импульса 1м (длительность импульса 10 нс) коэффициент обратного релеевского рассеяния составляет величину около «-70 дБ». Поэтому, в OTDR в волокно посылаются импульсы большой мощности и большой длительности, а для детектирования рассеянных назад импульсов света применяются высокочувствительные фотоприемники.

В большинстве моделей OTDR используется модульная конструкция (рис. П.2) [3]. Она содержит базовый модуль и несколько сменных оптических модулей. Базовый модуль представляет собой персональный компьютер, приспособленный для обработки сигнала и вывода его на дисплей. Оптический модуль включает в себя лазерный диод, фотоприемник, оптический ответвитель и оптический разъем. Стоимость оптического модуля зависит от величины его динамического диапазона и может в несколько раз превышать стоимость базового модуля. Модульная конструкция OTDR позволяет потребителю не только выбрать необходимую ему на данный момент конфигурацию прибора, но и в дальнейшем модернизировать прибор, например, установив, многомодовый модуль или одномодовый модуль с большим динамическим диапазоном.

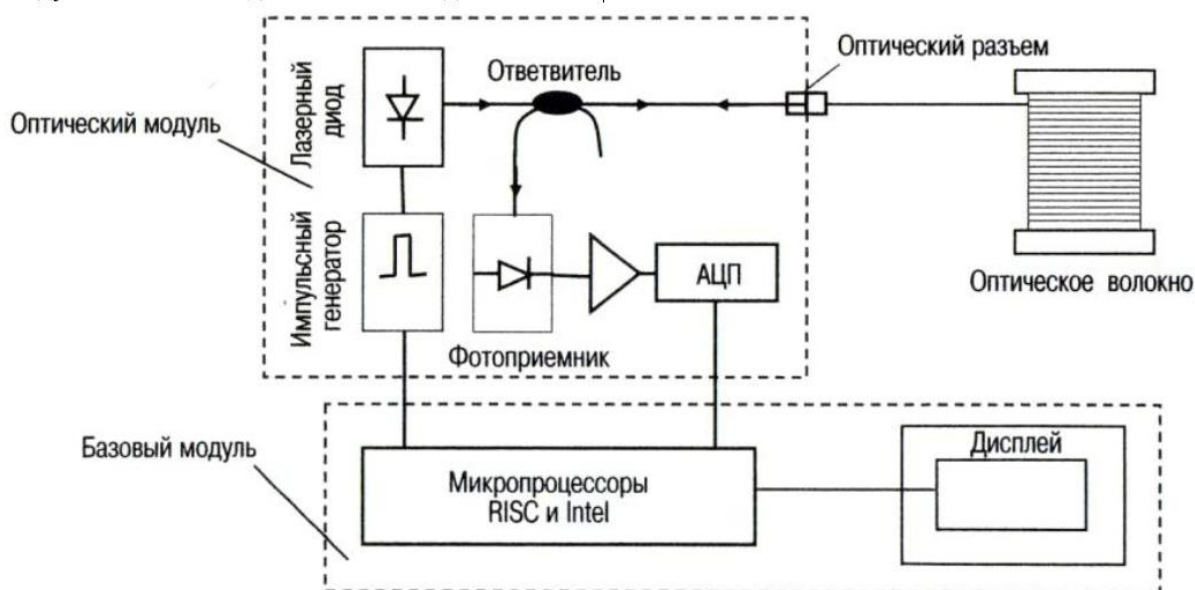


Рис. П.2 – Блок-схема оптического рефлектометра [3]

В качестве источника излучения в оптическом модуле обычно используется лазерные диоды типа Фабри-Перо. Оптические импульсы поступают через ответвитель на оптический разъем рефлектометра, к которому подключается исследуемое волокно. Рассеянные в волокне импульсы света возвращаются в оптический модуль и передаются с помощью ответвителя на фотоприемник, где они преобразуются в электрический сигнал. Этот сигнал усиливается, накапливается, обрабатывается в базовом модуле и отображается на дисплее в графической форме в виде рефлектограммы. Такое представление информации позволяет анализировать её как визуально, так и автоматически с помощью встроенных программных алгоритмов.

Мощность рассеянных назад импульсов на 80...50 дБ (в зависимости от их длительности) меньше мощности импульсов, вводимых в волокно. Поэтому для улучшения отношения сигнал/шум используется многократное усреднение результатов измерений. Причем для их эффективного усреднения достаточно нескольких секунд, так как время, затрачиваемое на прохождении линии мало (100 км свет проходит за 1 мсек). Типичная рефлектограмма содержит около 32 000 измеряемых точек и при вычислении каждой такой точки усредняется несколько тысяч импульсов. Весь этот массив данных рефлектометр обрабатывает за долю секунды. Первая измеренная рефлектограмма сразу выводится на дисплей. Далее на дисплей выводятся усредненные рефлектограммы. При каждом удвоении времени измерений шумы в усредненной рефлектограмме уменьшаются примерно на 0.75 дБ.

Обработка большого массива данных и создание дружественного пользователю интерфейса осуществляется с помощью двух микропроцессоров. Первый, быстродействующий процессор RISC, дает возможность усреднять до 50 миллионов точек в секунду. Второй процессор Intel обеспечивает работу интерфейсной части программы, автопоиск дефектов в линии, вывод данных на дисплей. Он обеспечивает также совместимость с ПК, что позволяет применять не только обычное программное обеспечение, но и стандартное компьютерное оборудование, такое как клавиатура, мышь, принтер, факс/модем и жесткий диск (в стандарте PCMCIA).

Приложение 2. Идентификация рефлектограммы

Каждый тип неоднородности (сварное соединение волокон, микротрещина, оптический разъем и т.д.) имеет свой характерный образ на дисплее OTDR, и может быть идентифицирован (рис. П.3). Отражающие неоднородности, такие как разъемные соединения волокон (1), микротрещины (3), торец волокна (4) - отображаются на рефлектограмме в виде резких всплесков.

Неотражающие неоднородности, такие как сварные соединения или изгибы оптического волокна отображаются на рефлектограмме как сту-

пенька вверх или вниз (2). Участки рефлектограммы, расположенные между неоднородностями, имеют вид прямых линий с отрицательным наклоном и называются - квазирегулярными участками (6). Угол наклона этих прямых прямо пропорционален величине потерь в оптическом волокне.

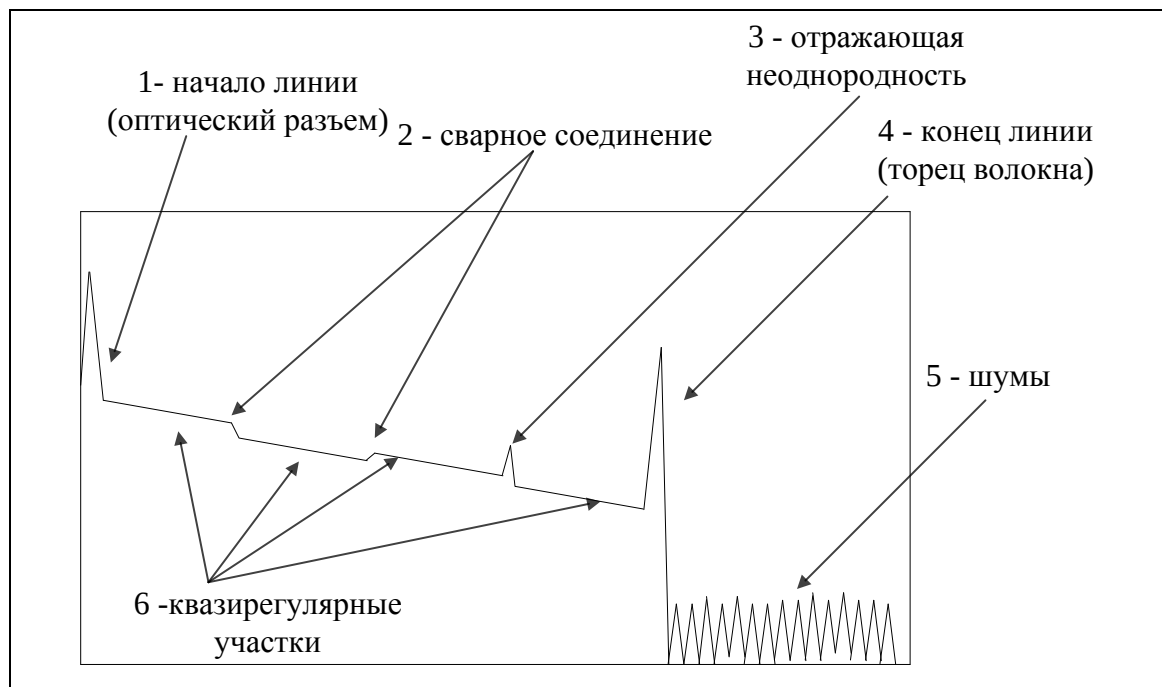


Рис. П.3 – Типичная рефлектограмма
(показаны все возможные неоднородности ВОЛП)

За отражающей неоднородностью, обусловленной отражением от торца ОВ в конце линии (4), отображаются шумы фотоприемника оптического рефлектометра (5).

Приложение 3. Установка параметров OTDR перед измерением

Перед началом измерения измерителем, как правило, устанавливаются следующие параметры OTDR:

1. **Длина волны**, на которой выполняются измерения. Набор длины волн, на которых рефлектометр позволяет выполнять измерения, обычно определяется оптическим блоком рефлектометра. Типовые блоки OTDR, как правило, позволяют выполнять измерения на длинах волн 1310 нм и 1550 нм в одномодовых оптических волокнах и на длинах волн 850 нм и 1300 нм в многомодовых оптических волокнах. При необходимости измерения могут выполняться (если позволяет оптический блок рефлектометра) на длинах волн 1490 нм, 1625 нм, 1650 нм и др. При выборе длины волны следует учитывать, что чувствительность рефлектометра к изгибам оптического волокна увеличивается при увеличении длины волны.

2. **Диапазон расстояний (диапазон измеряемых длин)** определяет период следования зондирующих импульсов. Диапазон расстояний выбирается несколько больше, чем длина трассы, так чтобы в конце линии был виден всплеск, обусловленной отражением от торца ОВ и шумы фотоприемника. Если значение диапазона расстояний в рефлектометре установлено меньше длины измеряемого волокна, то в рефлектограмме появляются ложные сигналы. Они образуются потому, что рефлектометр посылает следующий импульс раньше, чем успеет вернуться предыдущий и в результате в фотоприемник в одно и тоже время поступают импульсы, отраженные от разных участков волокна. Кроме того, при неправильной установке диапазона расстояний в конце рефлектограммы не будет виден всплеск сигнала отражения от торца волокна (4) и не будут видны шумы фотоприемника (5). Это приведет к невозможности оценки отношения сигнал/шум в конце линии при проведении измерений, поскольку для этого требуется знать уровень шума в фотоприемника (5).
3. **Длительность зондирующего импульса.** При выборе этого параметра следует учитывать, что с увеличением длительности зондирующего импульса увеличивается отношение сигнал/шум в конце линии, но одновременно ухудшается разрешающая способность рефлектометра.
4. **Время усреднения** влияет на «зашумленность» рефлектограммы. При увеличении времени усреднения размах шумов рефлектограммы уменьшается, и как следствие, улучшается отношение сигнал/шум в конце линии. Однако с увеличением времени усреднения возрастает время измерений, которое, учитывая большое количество волокон в линии передачи, не может быть слишком большим.
5. **Показатель преломления** (групповой показатель преломления) ОВ, зависит от типа ОВ и длины волны, на которой выполняются измерения. Этот параметр влияет на точность измерения оптической длины волокна: $x = v_g t / 2$. Здесь групповая скорость распространения оптического импульса в ОВ определяется как $v_g = c / n_g$, где n_g - групповой показатель преломления ОВ. Величина группового показателя волокна обычно приводится в спецификациях на оптический кабель. При установке этого параметра неверно, будет возникать погрешность при определении расстояний по рефлектограмме.
6. **Коэффициент обратного рассеяния** (уровень обратного рассеяния) влияет на точность измерения коэффициента отражения Refl и оптических возвратных потерь ORL. Значение данного парамет-

ра может быть указано в спецификациях на оптический кабель (указывается не всегда) или указывается в технических характеристиках оптического волокна. Типичные значения коэффициента обратного рассеяния одномодовых ОВ составляют: на длине волны 1310 нм «-79» дБ; на длине волны 1550 нм «- 81» дБ; на длине волны 1625 нм «-82» дБ. Для многомодовых ОВ: на длине волны 850 нм «-70» дБ и на длине волны 1300 нм «-75» дБ.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и
сетей»

для студентов направления подготовки

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)

«Интеллектуальная обработка данных в инфокоммуникационных
системах и сетях»

Часть 2

ЗАНЯТИЕ 1

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ

1. Цель занятия

Изучение принципов построения и функционирования интеллектуальной сети и получение практических навыков по расчету ее характеристик.

2. Литература

1. Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В., Фомичев С.М. Интеллектуальные сети связи. – М.: Эко-Трендз, 2000.

3. Вопросы для самопроверки

1. Какие элементы входят в архитектуру интеллектуальной сети?
2. В чем разница между внутренним и внешним SSP? Как подключается внешний SSP к сети?
3. Какие услуги входят в набор CS-1rus, используемый в России?
4. Какая нумерация используется для доступа к услугам интеллектуальной сети?
5. Поясните процесс предоставления услуги «Бесплатный вызов».
6. Поясните процесс предоставления услуги «Вызов с дополнительной платой».
7. Поясните процесс предоставления услуг с использованием карт оплаты.
8. Поясните процесс предоставления услуги «Телеголосование».
9. Поясните методику расчета нагрузки на SSP.
10. Поясните методику расчета числа звеньев сигнализации ОКС№7 между SSP и SCP.

4. Задание

1. Изобразить сценарий обмена сообщениями протокола INAP-R для заданной услуги (см. табл. 1, номер варианта соответствует последней цифре номера зачетной книжки) с указанием информационного содержания сигнальных сообщений.
2. Рассчитать нагрузку, поступающую на SSP в соответствии исходными данными, приведенными в табл. 1.

3. Рассчитать число звеньев сигнализации ОКС №7 между SSP и SCP.

Таблица 1 Исходные данные

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Услуга ИС	FPN	PRM	CCC	PCC	VOT	FPN	PRM	CCC	PCC	VOT
Число абонентов сети, тысяч	230	320	450	190	340	280	410	390	270	430
Доля абонентов услуг, %:										
FPN	60	55	70	75	50	55	40	45	65	40
CCC	35	40	60	45	30	50	45	40	50	45
PCC	40	60	45	65	60	46	50	50	60	60
VOT	80	35	40	50	45	30	55	55	45	55
PRM	50	50	30	40	55	65	60	60	55	50
Средняя длина одной транзакции, байт	110	80	100	75	90	115	85	95	120	70

5 Содержание отчета

1. Сценарий обмена сигнальными сообщениями протокола INAP-R для заданной услуги с указанием передаваемых данных.
2. Расчет нагрузки, поступающей на SSP.
3. Расчет числа звеньев сигнализации ОКС №7 между SSP и SCP.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

6.1 Принципы построения интеллектуальной сети

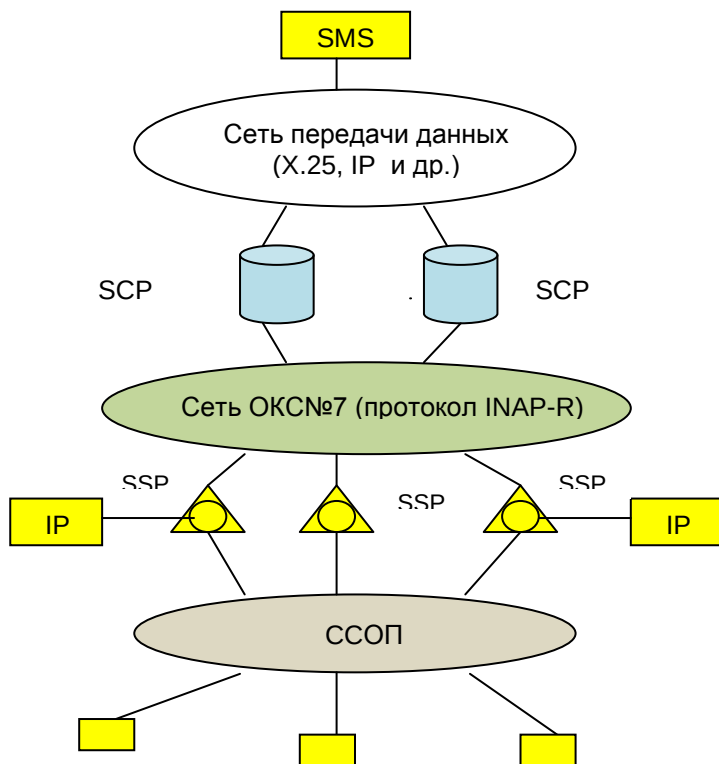
Классическая архитектура интеллектуальной сети (ИС) включает следующие базовые элементы (рис. 1):

SSP (Service Switching Point) – узел коммутации услуг, который обеспечивает доступ абонентов сети связи общего пользования (ССОП) к услугам ИС. Основная функция SSP – обнаружение вызовов к ИС. Функции SSP универсальны и не зависят от вида услуги.

IP (Intelligent Peripheral) – интеллектуальная периферия (речевые интеллектуальные автоинформаторы), внешнее информационное оборудование, позволяющее упростить предоставление услуг ИС за счет приема дополнительных цифр доступа к услуге и голосовых подсказок («голосовое меню»).

SCP (Service Control Point) – узел управления услугами, который по запросу SSP выполняет все действия по логике обработки услуги, а также возвращает результат обработки в SSP для дальнейшей обработки телефонных вызовов в ССОП. SCP содержит базы данных реального времени. Для разных услуг могут быть разные SCP.

SMS (Service Management System) – система администрирования (менеджмента) услуг, позволяющая администрации интеллектуальной сети осуществлять управление услугами (изменение алгоритмов предоставления услуг, введение новых услуг, изменение правил тарификации услуг и др.).



Телефонные аппараты с частотным набором номера

Рис. 1. Архитектура интеллектуальной сети

Одним из обязательных элементов ИС является узел коммутации услуг SSP. Возможны два основных варианта его построения:

1. Использование встроенной в некоторые современные цифровые АТС функциональности SSP. В этом случае каждая станция ССОП выполняет функции SSP и связывается с SCP через сеть ОКС №7 по протоколу INAP-R. Такой вариант обеспечивает высокую производительность ИС, однако требует больших финансовых затрат. К тому же этот вариант не применим при наличии на сети электромеханических АТС или даже цифровых, не реализующих функции SSP.

2. Использование внешних SSP, которые подключаются практически к любому типу АТС посредством цифровых трактов E1. Внешний SSP имеет два интерфейса: один – для связи с АТС по различным протоколам сигнализации (ISUP, EDSS-1, R1,5 и др.), и второй – для связи с SCP по протоколу INAP-R. Установка внешнего SSP дешевле, чем замена версии программного обеспечения АТС для реализации SSP (иногда более чем в 2 раза).

В России на каждой местной телефонной сети SSP целесообразно размещать на зоновом транзитном узле (ЗТУ). Такой SSP будет обрабатывать вызовы от абонентов всего региона, обслуживаемого данным ЗТУ. Доступ к услугам осуществляется через заказно-соединительные линии (ЗСЛ). В некоторых случаях целесообразно SSP совмещать с SCP (такой узел называют SSCP).

В России внедрены следующие услуги из набора CS-1rus:

1. Бесплатный вызов FPH (Freephone).
2. Вызов по предоплаченной карте PCC (Prepaid Calling Card).
3. Вызов по кредитной карте CCC (Credit Calling Card).
4. Вызов с дополнительной оплатой PRM (Premium Rate).
5. Телеголосование VOT (Televoiting).

Для нумерации данных и других услуг ИС используются негеографические коды DEF 8-ой сотни 8XX вида:

DEF x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7,

где DEF – негеографические коды услуг в соответствии с табл. 2;
x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 – 7-ми значный логический номер абонента услуги, назначаемый оператором ИС.

Таблица 2. Нумерация услуг ИС

Код DEF	Услуга ИС
800	Бесплатный вызов FPH
801	Вызов с автоматической альтернативной оплатой
802	Вызов по кредитной карте
803	Телеголосование
804	Универсальный номер доступа
805	Вызов по предоплаченной карте
806	Вызов по расчетной карте
807	Виртуальная частная сеть
808	Универсальная персональная связь
809	Вызов с дополнительной оплатой

6.2 Использование протокола INAP-R для услуг ИС

6.2.1 Услуга «Бесплатный вызов»

Простейший вариант услуги «Бесплатный вызов» или Freephone представляет собой возможность преобразования логического номера (например, 8-800-111-1111) в физический. Это преобразование зависит от логики, заложенной в SCP (рис. 2).

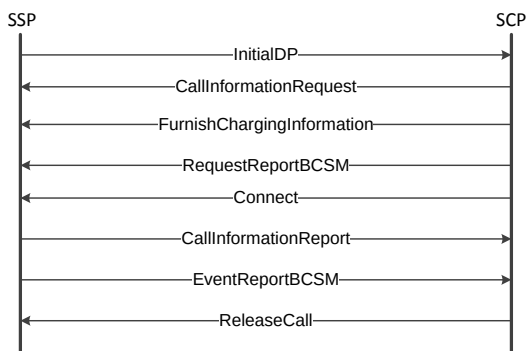


Рис. 2 - Сценарий обмена сообщениями протокола INAP-R для услуги «Бесплатный вызов»

Абонент ССОП набирает номер интеллектуальной услуги «Бесплатный вызов». Средствами ССОП вызов доводится до телефонной станции, выполняющей функции SSP. После приема вызова SSP анализирует номер и определяет, что вызов относится к

интеллектуальной услуге. Он формирует сообщение протокола INAP *InitialDP* (первичная точка обнаружения), означающее, что обнаружено обращение к интеллектуальным услугам. В нем SSP указывает следующие параметры: тип услуги, определяемый из номера вызываемого пользователя (код 800); сам номер и номер вызывающего пользователя. Узел SCP, обрабатывая данное сообщение, решает, каким образом преобразовать полученный номер в физический, по которому затем SSP будет устанавливать телефонное соединение.

Преобразовав номера, SCP посылает сообщение протокола INAP-R *FurnishChargingInformation* (доставка информации об учете стоимости). После приема этого сообщения SSP в конце успешного вызова должен сформировать запись о вызове (CDR - Call Detail Record), в которой указываются номера вызываемого и вызывающего пользователей, длительность вызова, тариф и т.д. На основании этой записи биллинговая система будет формировать счет на оплату услуг. Параметры сообщения *FurnishChargingInformation* используются в качестве полей записи CDR.

SCP с помощью сообщения *RequestReportBCSM* указывает SSP на то, чтобы он сообщил ему информацию об окончании вызова (BCSM, Basic Call State Model – базовая модель состояния вызова).

Таким образом, после приема сообщения *FurnishChargingInformation* узел SSP готов к учету стоимости, он знает все необходимые данные для тарификации. SCP посылает сообщение *Connect* с физическим номером вызываемого пользователя, по которому SSP устанавливает соединение.

После того, как вызываемый абонент завершит вызов, об этом сообщается SCP в сообщении *EventReportBCSM*, который и завершает сеанс связи посредством сообщения *ReleaseCall*.

6.2.2 Услуга «Вызов за дополнительную плату»

Процедуры обмена сообщениями в случае предоставления услуги «Вызов за дополнительную плату» (PRM) аналогичны процедурам услуги «Бесплатный вызов». В сообщении *FurnishChargingInformation*, кроме тарифа, указываются величина надбавки к стоимости вызова и информация, что за вызов должен оплатить вызывающий абонент. Таким образом, вызывающий пользователь платит за услугу по повышенному тарифу.

6.2.3 Услуги с использованием карт оплаты

Данные услуги можно разделить на две категории. В первой услуге используется учет стоимости в отложенном масштабе времени (off-line billing). При этом учет стоимости осуществляется только по окончании соединения, а услуги могут предоставляться в кредит. Во второй услуге учет стоимости выполняется в реальном масштабе времени (on-line billing), при котором вычисление стоимости ведется одновременно с разговором. В этом случае возможно принудительное разъединение соединения по истечении для данной карты лимита стоимости.

Услуга «Вызов по предоплаченной карте» (PCC) позволяет пользователю оплачивать услуги связи со счета, который соответствует купленной предварительно карте. Организация услуг федерального уровня предоставляет возможность приобрести карту в одном городе, а производить звонки в другом. Тарификация вызовов будет зависеть от географического положения пользователя и номера вызываемого абонента.

Узел SCP содержит базу данных карт, в которой содержатся PIN-коды и число единиц, которыми располагает владелец карты по набранному пользователем PIN-коду. SCP вычисляет остаток на карте в единицах оплаты и посылает это значение на SSP в сообщении *ApplyCharging* (рис. 3). Кроме того, в этом сообщении указывается тариф, по которому должен быть произведен учет стоимости. Если один из участников разговора положил трубку до истечения лимита, SSP посылает сообщение *ApplyChargingReport* с указанием числа потраченных единиц оплаты SCP на основании этой информации производит соответствующую запись в базе данных карт. В случае истечения лимита до окончания разговора SSP разрывает установленное соединение, а в сообщении *ApplyChargingReport* также указывает число потраченных единиц оплаты.

Услуга «Вызов по расчетной карте» (ACC) отличается от предыдущей наличием расчетного счета, с которого оплачиваются услуги интеллектуальной сети. Процедура обмена сообщениями протокола INAP-R аналогична услуге PCC. SCP в специальном поле сообщения *FurnishChargingInformation* может указать номер расчетного счета, который SSP поместит в запись о вызове CDR. За дополнительные операции (смена PIN-кода и подобные) взимается плата.

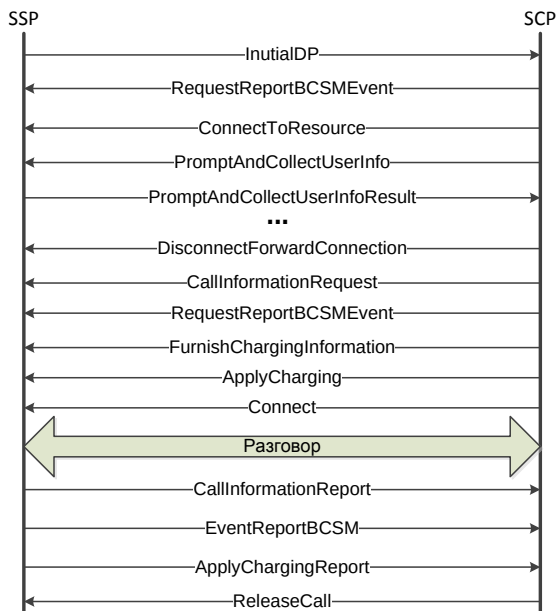


Рис. 3 - Сценарий обмена сообщениями протокола INAP-R для услуг «Вызов по предоплаченной карте» и «Вызов по расчетной карте»

Для реализации услуги «Вызов по кредитной карте» (CCC) оператору интеллектуальной сети необходимо соглашение с коммерческой кредитной организацией или банком. Должна быть предусмотрена возможность связи интеллектуальной платформы с банком для учета стоимости вызовов.

Технологически с точки зрения протокола INAP-R все услуги, использующие карты оплаты, одинаковы. Отличие заключается в месте хранения кредита: либо он содержится в базе данных, либо на расчетном счете пользователя (локально или в банке). После приема вызова SSP сообщает о нем с помощью сообщения *InitialDP* (рис. 3). Для проигрывания подсказок (например, «Введите PIN-код») необходимо, чтобы SSP подключился к голосовому информатору (интеллектуальной периферии). Для этого SCP посылает сообщение *ConnectToResource*. Кроме того, если пользователь положит трубку, SCP просит сообщать об этом с помощью сообщения *RequestReportBCSMEvent*. SSP проигрывает пользователю подсказку «Введите PIN-код» (сообщение *PromptAndCollectUserInfo*) и передает

набранные цифры на SCP (сообщение *PromptAndCollectUserInfoResult*). Если PIN-код правильный, SSP запрашивает и принимает номер вызываемого пользователя.

После того как становится известно, куда пользователь хочет сделать вызов, SCP просит сообщить в конце вызова его статистику (длительность, время начала и т.д.) с помощью сообщения *CallInformationRequest*, а также все изменения в состоянии (отбой любого из абонентов, неотчет, занятость и т.д.) с помощью сообщения *RequestReportBCSMEvent*. Для тарификации вызова используются вышеописанные операции. Затем операцией *Connect SCP* указывает SSP установить соединение с вызываемым пользователем.

После того как вызываемый пользователь положит трубку, об этом сообщается SCP (сообщение *EventReportBCSM*). Статистика вызова передается в сообщении *CallInformationReport*, а истраченные единицы оплаты - в сообщении *ApplyChargingReport*, затем SCP разрывает соединение с вызывающим пользователем (сообщение *ReleaseCall*).

6.2.4 Услуга «Телеголосование»

Услуга «Телеголосование» требует от интеллектуальной платформы обработки большого числа вызовов. Для этого узел SCP программирует SSP на прием определенных вызовов (например, 8 803 222 3344), посылая на него специальное сообщение протокола INAP-R, после чего SSP переходит в режим фильтрации вызовов.

При поступлении вызовов с заданным критерием SSP сообщает о них на SCP и проигрывает абоненту определенную подсказку (например, «Ваш голос учтен, спасибо за звонок»). SSP может указать время начала и конца голосования, критерий фильтрации поступающих вызовов и т.д. На SCP ведется статистика поступающих вызовов, при необходимости могут составляться графические диаграммы, таблицы и т.д. Примером таких графических диаграмм являются результаты голосования на телеэкранах, которые уже давно завоевали популярность телезрителей.

Перед началом голосования SCP программирует SSP с помощью сообщения *ActivateServiceFiltering* (рис. 4). Он сообщает, как обрабатывать поступающие вызовы. Пусть, например, каждый третий вызов является особым, т.е. каждому третьему пользователю проигрывается специальная подсказка (например, «Ваш звонок является выигрышным»), а всем остальным обычная (например, «Спасибо за звонок, Ваш голос учтен»).

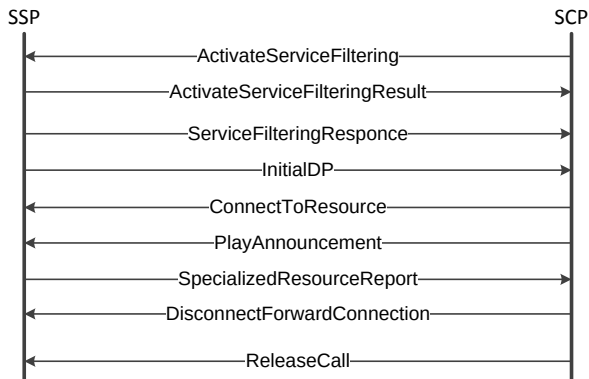


Рис. 4 - Сценарий обмена сообщениями протокола INAP-R для услуги «Телеголосование»

При поступлении «особых» вызовов SSP сообщает о них SCP (сообщение *InitialDP*). Далее проигрывается специальная подсказка (реализуются сообщениями *ConnectToResource* – *PlayAnnouncement* – *SpecializedResourceReport* – *DisconnectForwardConnection*). Остальные вызовы «слушают» подсказку от SSP без участия SCP.

6.3 Расчет нагрузки на SSP

Необходимая производительность SSP оценивается по величине трафика, создаваемого пользователями ИС. Нагрузка, создаваемая пользователями ИС, зависит от числа типов используемых интеллектуальных услуг и удельной нагрузки по каждому такому типу услуги. В соответствии с руководящим документом РД 45.120-2000 нагрузка на SSP Y_{SSP} определяется по следующей формуле:

$$Y_{SSP} = \sum_{i=1}^K N_i y_i, \text{ Эрл}, \quad (1)$$

где N_i – число пользователей i -ой услуги ИС;

y_i – удельная нагрузка, создаваемая пользователем на i -ю услугу ИС, вызовов/час;

K – число используемых услуг ИС.

Число пользователей i -ой услуги можно определить по формуле:

$$N_i = M \times P_i, \quad (2)$$

где M – количество всех абонентов в сети;
 P_i – доля абонентов сети, пользующихся i -ой услугой.

Удельные нагрузки, создаваемые пользователями по каждой из услуг, определяются по статистическим данным. На начальном этапе внедрения услуг ИС удельные нагрузки могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$y_i = C_i \times t_i / 3600, \quad (3)$$

где C_i – удельная интенсивность вызовов i -ой услуги, вызовов/час;
 t_i – средняя продолжительность занятия i -ой услуги, секунд.

Параметры удельного трафика для услуг из набора CS-1rus приведены в РД 45.120-2000 (табл. 3).

Табл. 3. Параметры удельного трафика ИС

Услуга ИС	Удельная интенсивность вызовов, выз/час	Средняя продолжительность занятия, с
FRH	$5,4 \cdot 10^{-3}$	130
CCC	$3,0 \cdot 10^{-3}$	150
VOT	$2,5 \cdot 10^{-3}$	7
PRM	$4,5 \cdot 10^{-3}$	140
PCC	$4,3 \cdot 10^{-3}$	140

6.4 Расчет числа звеньев сигнализации ОКС№7 между SSP и SCP

Количество звеньев сигнализации ОКС№7, необходимых для соединения SSP и SCP в ИС, рассчитывается по следующей методике:

1. Определяется среднее число транзакций INAP-R в секунду, передаваемых в одном направлении по звену ОКС№7 (интенсивность транзакций):

$$\lambda_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^K n_{\text{три}} N_i C_i / 3600, \quad (4)$$

где $n_{\text{три}}$ – среднее число транзакций на один вызов i -ой услуги;

N_i – число пользователей i -ой услуги;

C_i – удельная интенсивность вызовов, создаваемая пользователем i -ой услуги, выз/час;

K – число используемых услуг ИС (в России равно 5).

На основании анализа протокола INAP-R для услуг из набора CS-1rus справедливы следующие значения среднего числа транзакций на один вызов каждой услуги $n_{\text{три}}$:

$n_{\text{трFRH}}=1, n_{\text{трPCC}}=7, n_{\text{трCCC}}=7, n_{\text{трVOT}}=1, n_{\text{трPRM}}=1.$

2. Количество звеньев сигнализации ОКС№7 между SSP и SCP равно:

$$n_{\text{окс}} = \max] (\lambda_{\text{тр}} \times L_{\text{тр}} \times 8) / (V_{\text{окс}} \times \rho_{\text{окс}}) [, \quad (5)$$

где $L_{\text{тр}}$ – средняя длина одной транзакции, байт;

$\rho_{\text{окс}}$ – коэффициент загрузки звена ОКС№7 (в нормальном режиме работы равен 0,2);

$V_{\text{окс}}$ – скорость передачи данных в звене сигнализации ОКС№7 (равна 64000 бит/с);

8 – коэффициент пересчета байтов в биты;

$\max]X[$ – округление значения X до целого числа в максимальную сторону.

ЗАНЯТИЕ 2

РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ДОСТУПА СЕТЕЙ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ NGN

1 Цель занятия

Изучение методики и получение практических навыков расчетов объема оборудования доступа, используемых в сетях связи следующего поколения NGN.

2 Литература

1. Росляков А.В. Сети следующего поколения. Часть II / Учебное пособие. – Самара, ПГАТИ, 2008, с. 123-147.
2. Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб., Наука и техника, 2005, с. 169-183.

3 Контрольные вопросы

1. Назначение шлюзов в сети NGN.
2. Чем отличаются различные типы шлюзов сетей NGN: транзитный (транкинговый), сигнальный, доступа, резидентный доступа?
3. Перечислите основные задачи проектирования сети NGN.
4. Укажите основные варианты подключения оконечных пользователей к ССОП.
5. Укажите варианты подключения пакетных терминалов к сети NGN.
6. Перечислите необходимые исходные данные для расчета сети доступа.
7. Поясните методику расчетов оборудования шлюзов доступа.
8. Поясните методику расчетов оборудования транзитных шлюзов.

4 Задание

В соответствии с заданным вариантом (см. табл. 1):

1. Рассчитать параметры заданных шлюзов.
2. Изобразить проектируемую сеть доступа сети NGN с указанием путей и протоколов передачи сигнальных и медиапоток.

5 Содержание отчета

1. Таблица с исходными данными для проектирования сети доступа.
2. Схема организации связи (указать пути передачи сигнальных и медиапоток и используемые при этом протоколы передачи).

Таблица 1. Индивидуальные задания (номер варианта соответствует последней цифре номера зачетной книжки)

№	Исходный параметр	Варианты заданий									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметры шлюза доступа											
1.	Число абонентов ССОП	2000	2500	3000	3500	4000	4500	3000	2500	3500	2000
2.	Число абонентов ISDN-BRA	250	200	150	300	350	400	450	250	300	350
3.	Число абонентов с пакетными терминалами SIP/H.323	500	450	600	250	350	550	300	400	200	450
4.	Число LAN / Число абонентов с пакетными терминалами SIP/H.323 в каждой LAN	2/30	1/40	3/50	4/25	5/35	2/20	3/35	1/20	5/30	4/20
5.	Число сетей доступа с интерфейсом V5.2/Число потоков E1 в каждом	2/5	3/3	5/4	0	3/5	2/1	6/3	4/4	3/6	0
6.	Число УПАТС, подключаемых к шлюзу/Число потоков PRI в каждой	4/2	0	1/2	3/5	1/2	2/3	4/2	0	4/1	3/3
7.	Тип речевого кодека	G.711	G.726	G.729a	G.711	G.726	G.729a	G.711	G.726	G.729a	G.711
8.	Доля вызовов, обслуживаемых без компрессии, x	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,15	0,25	0,2	0,3	0,15
Параметры транзитного шлюза											
9.	Число первичных потоков E1 для включения АТС	25	30	40	35	45	20	25	35	40	45
10.	Доля вызовов, обслуживаемых без компрессии, z	0,2	0,4	0,1	0,2	0,3	0,25	0,15	0,1	0,2	0,3
11.	Тип речевого кодека	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711

3. Результаты расчетов оборудования различных шлюзов сети доступа:
- нагрузки на входе каждого шлюза от различных источников;
 - нагрузка на выходе каждого шлюза;
 - тип и количество интерфейсов подключения шлюзов в транспортную сеть.

6 Методические указания

6.1 Состав оборудования сети доступа

Для подключения различных пользователей к сети NGN на уровне сети доступа используются два типа оборудования:

- *медиашлюзы* – для подключения линий и терминального оборудования пользователей, не работающего с пакетными технологиями; основное назначение медиашлюзов – преобразование пользовательской и сигнальной информации в пакетный вид на базе стека протоколов TCP/IP, пригодный для передачи в транспортной сети NGN.

- *пакетные коммутаторы/маршрутизаторы* - для подключения линий и оконечного оборудования пользователей, работающего с пакетными технологиями на базе стека протоколов TCP/IP.

Различают несколько видов медиашлюзов в зависимости от типа подключаемых линий и терминального оборудования пользователей:

1) *резидентный шлюз доступа RAGW (Resident Access Gateway)* – предназначен для непосредственного включения абонентских линий, например аналоговых телефонных линий, к которым могут подключаться терминалы телефонной сети связи общего пользования (ССОП), такие как традиционные телефонные аппараты, аналоговые модемы, факсимильные аппараты, модемы xDSL и цифровых абонентских линий ISDN, к которым подключается терминальное оборудование базового доступа BRA (2B+D), например, цифровые телефонные аппараты ISDN, видеотелефоны и др.;

2) *шлюз доступа AGW (Access Gateway)* – предназначен для включения сетей доступа AN (Access Network) через интерфейс V5.2, который может включать от 2 до 16 первичных потоков E1, т.е. $n \times E1$, где $n=2 \div 16$ или УПАТС через интерфейс первичного доступа PRA сети ISDN (30B+D);

3) *транзитный (транкинговый) шлюз TGW (Trunk Gateway)* - предназначен для включения соединительных линий от существующих телефонных станций ССОП для сопряжения с сетью NGN по первичным потокам E1 с сигнализацией ОКС№7 для подключения

цифровых АТС и R1,5 (2ВСК+МЧК) для подключения координатных АТС.

Часто конструктивно резидентный шлюз и шлюз доступа реализуются в виде единого мультисервисного узла доступа MSAN (Multi-Service Access Node). В состав такого MSAN обязательно входит пакетный коммутатор Ethernet, в который включаются непосредственно все источники нагрузки, работающие по пакетным технологиям: локальные вычислительные сети LAN и мультимедийные терминалы на базе протоколов SIP, H.323 (рис. 1).

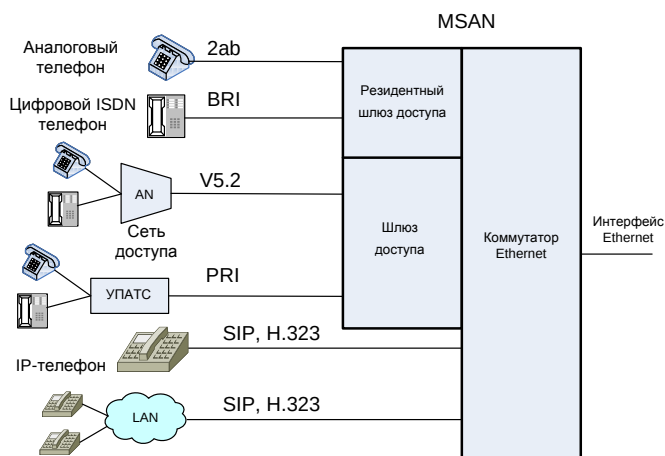


Рис. 1 – Структура мультисервисного узла доступа MSAN

6.2 Исходные данные для расчета оборудования доступа

Исходными данными проектирования сети доступа NGN являются:

1. Количество источников нагрузки различных типов, подключение которых планируется реализовать при формировании сети доступа. К источникам нагрузки относятся:

- абоненты, использующие подключение по аналоговым абонентским линиям и подключаемые в резидентный шлюз доступа (RAGW);
- абоненты, использующие подключение через базовый доступ ISDN BRA и подключаемые в RAGW;

- абоненты, использующие пакетные терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа AGW;
 - абоненты, использующие пакетные терминалы H.323 и подключаемые в пакетную сеть на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа AGW;
 - локальные вычислительные сети, осуществляющие подключение абонентов с терминалами SIP и H.323 и подключаемые в пакетную сеть на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа AGW;
 - УПАТС, использующие внешний интерфейс ISDN-PRA и подключаемые в пакетную сеть через шлюз доступа AGW;
 - оборудование сети доступа с интерфейсом V5, подключаемое в пакетную сеть через шлюз доступа AGW;
 - АТС телефонной сети, подключаемые к транзитному шлюзу.
2. Удельные нагрузки от перечисленных выше источников сетей с коммутацией каналов.
3. Удельные параметры передачи терминального оборудования пакетных сетей и удельные нагрузки, приведенные к параметрам передачи.
4. Типы кодеков в планируемом к внедрению оборудовании шлюзов.

6.3 Расчет оборудования шлюзов доступа

Число абонентских шлюзов определяется исходя из параметров критичности длины абонентской линии, расчетного значения предполагаемой нагрузки, топологии первичной сети (если таковая уже существует), наличия помещений для установки, технологических показателей типов оборудования, предполагаемого к использованию.

Исходя из критерия критичности длины абонентской линии, зона обслуживания резидентного шлюза доступа должна создаваться таким образом, чтобы максимальная длина абонентской линии не превышала 3-4 км. Если шлюз производит подключение оборудования сети доступа интерфейса V5, LAN либо УПАТС, то зона обслуживания шлюза включает в себя и зоны обслуживания подключаемых объектов.

Исходя из зоны обслуживания определяются емкостные показатели шлюза, которые отражают общее количество абонентов и емкости каждого из типов подключений.

Введем следующие переменные:

N_{SH} – число абонентов с терминалами SIP/H.323, использующих подключение по интерфейсу Ethernet на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа;

N_{LAN} – число LAN, подключаемых к Ethernet-коммутатору на уровне шлюза доступа;

M_{i_LAN} – число абонентов речевых услуг, подключаемых к i -ой LAN, где i – номер LAN;

N_{V5} – число сетей доступа интерфейса V5, подключаемых к шлюзу доступа;

M_{i_V5} – число пользовательских каналов в j -ом интерфейсе V5, где j – номер сети доступа;

$N_{УПАТС}$ – число УПАТС, подключаемых к шлюзу доступа;

$M_k_{УПАТС}$ – число пользовательских каналов в интерфейсе подключения PRI в k -ой УПАТС, где k – номер УПАТС.

Рассчитаем нагрузки, поступающие на каждый вид шлюзов.

1. Общая нагрузка, поступающая на *резидентный шлюз доступа* RAGW, обеспечивающий подключение аналоговых абонентов ССОП и абонентов базового доступа ISDN, равна:

$$Y_{RAGW} = Y_{CCOP} + Y_{ISDN} = Y_{CCOP} \cdot N_{CCOP} + Y_{ISDN} \cdot N_{ISDN}, \text{Эрл} \quad (1)$$

где Y_{CCOP} – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов ССОП;

Y_{ISDN} – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов ISDN;

Y_{CCOP} – удельная нагрузка на одного абонента ССОП, равна 0,1 Эрл;

Y_{ISDN} – удельная нагрузка на одного абонента ISDN, равна 0,2 Эрл;

N_{CCOP} – число абонентов, использующих подключение по аналоговой абонентской линии к ССОП;

N_{ISDN} – число абонентов, использующих подключение по базовому доступу ISDN.

2. Общая нагрузка, поступающая на *шлюз доступа* AG, обеспечивающий подключение сетей доступа СД через интерфейс V5 и УПАТС через интерфейс первичного доступа PRI, равна:

$$Y_{AGW} = \sum_{j=1}^J y_{V5} M_{j_V5} + \sum_{k=1}^K y_{УПАТС} M_{k_УПАТС}, \text{Эрл} \quad (2)$$

y_{V5} – удельная нагрузка на один канал интерфейса V5.2, равная 0,7 Эрл;

M_{i_V5} – число каналов в интерфейсе V5.2 для подключения j -ой сети доступа (следует учитывать, что задано число первичных потоков Е1 для подключения сетей доступа, которое необходимо пересчитать в число речевых каналов);

J – общее число сетей доступа, подключенных к шлюзу доступа;
 $u_{\text{УПАТС}}$ – удельная нагрузка на один канал первичного доступа ISDN PRI для подключения УПАТС, равная 0,8 Эрл;
 $M_{k\text{-УПАТС}}$ – число каналов в интерфейсе PRI для подключения k -ой УПАТС (следует учитывать, что задано число потоков PRI для подключения каждой УПАТС, которое необходимо пересчитать в число речевых каналов);
 K – общее число УПАТС, подключенных к шлюзу доступа.

Если шлюз реализует одновременно функции резидентного шлюза доступа и шлюза доступа, то общая нагрузка, поступающая на такой медиашлюз, равна:

$$Y_{\text{GW}} = Y_{\text{RAGW}} + Y_{\text{AGW}}, \text{ Эрл.} \quad (3)$$

Пусть V_{cod} – скорость передачи (полоса пропускания) кодека определенного типа при обслуживании речевого вызова. Значения V_{cod} для различных типов речевых кодеков без учета или с учетом подавления пауз приведены в табл. 1.

Таблица 1 Характеристики различных речевых кодеков

Кодек	Полоса пропускания кодека без учета подавления пауз, кбит/с	Полоса пропускания кодека с учетом подавления пауз, кбит/с
G.711	84,80	42
G.726	37,69	19
G.729a	14,13	12.2

Тогда транспортный ресурс, который должен быть выделен для передачи в пакетной сети голосового трафика, поступающего на шлюз, при условии использования кодека определенного типа будет равен:

$$V_{\text{GW_cod}} = k \cdot V_{\text{cod}} \cdot Y_{\text{GW}}, \quad (4)$$

где k – коэффициент использования ресурса, $k = 1,25$;

V_{cod} – полоса пропускания заданного речевого кодека без учета или с учетом подавления пауз.

Например, если суммарная нагрузка от источников всех типов, поступающая на шлюз, равна 100 Эрл, и, если используется кодек G.711 без подавления пауз, то выделяемый ресурс должен составлять

$$V = 1,25 \cdot 84,8 \text{ кбит/с} \cdot 100 = 10,62 \text{ Мбит/с}$$

Если используется кодек G.729a с алгоритмом подавления пауз, то для обслуживания той же нагрузки потребуется ресурс

$$V = 1,25 \cdot 12,2 \text{ кбит/с} \cdot 100 = 1,615 \text{ Мбит/с}$$

Заметим, что для обслуживания той же нагрузки в режиме коммутации каналов потребовался бы ресурс

$$V = 1,25 \cdot 64 \text{ кбит} / \text{с} \cdot 100 = 8 \text{ Мбит} / \text{с},$$

что меньше, чем в случае использования пакетного кодека G.711.

Следует отметить, что обеспечение поддержки услуг доставки информации в сетях с коммутацией каналов и в сетях с коммутацией пакетов осуществляется по-разному. Для передачи факсимильной информации в сетях с коммутацией каналов используется стандартный канал 64 кбит/с, а в пакетных сетях может использоваться либо кодек T.38, либо эмуляция канала 64 кбит/с. Аналогично, для поддержки модемных соединений или соединений в рамках услуги доставки «64 кбит/с без ограничений». При расчете транспортного ресурса следует учитывать, что некоторая часть вызовов будет обслуживаться без компрессии (сжатия) пользовательской информации.

Определив долю такой нагрузки как «х», тогда формулу для определения транспортного ресурса шлюза (4) с учетом доли вызовов, обслуживаемых без компрессии, можно представить в виде:

$$V_{\text{GW_compr}} = k \cdot ((1-x) \cdot V_{\text{cod}} + x \cdot V_{\text{G.711}}) \cdot Y_{\text{GW}}, \quad (5)$$

где $V_{\text{G.711}}$ – ресурс для передачи пользовательской информации кодека G.711 без подавления пауз, используемого для эмуляции каналов.

Если в оборудовании шлюза доступа реализована возможность подключения пользователей, использующих пакетные терминалы SIP, H.323 либо включение локальных вычислительных сетей LAN, осуществляющих подключение таких пользователей, то требуемый транспортный ресурс подключения шлюзов доступа должен быть увеличен. Доля увеличения транспортного ресурса V_{paket} за счет предоставления базовой услуги пакетной телефонии таким пользователям может быть определена в зависимости от используемых кодеков и числа пользователей. Тогда дополнительный транспортный ресурс шлюза для обслуживания терминалов пакетной телефонии равен:

$$V_{\text{paket}} = V_{\text{LAN}} + V_{\text{SH}} = y_{\text{paket}} \cdot V_{\text{cod}} (N_{\text{LAN}} \cdot M_{\text{LAN}} + N_{\text{SH}}), \quad (6)$$

где y_{paket} – удельная нагрузка от терминала SIP/H.323, которая равна 0,2 Эрл.

Транспортный ресурс шлюза должен быть рассчитан на передачу, помимо пользовательской (медиа), еще и сигнальной информации на базе протокола H.248/Megaco, которой обменивается шлюз с гибким коммутатором (softswitch). Таким образом, общий транспортный ресурс шлюза может быть определен как сумма всех необходимых составляющих:

$$V_{\Sigma GW} = V_{GW_compr} + V_{paket} + V_{H.248} \cdot \quad (7)$$

Приближенно будем считать, что сигнальная информация протокола H.248 требует дополнительно 10% полосы пропускания от общего транспортного ресурса шлюза.

После определения транспортного ресурса подключения определяются емкостные показатели, т.е. количество и тип интерфейсов, которыми оборудование шлюза доступа будет подключаться к пакетной сети. Количество интерфейсов, помимо транспортного ресурса, будет определяться также исходя из топологии сети. В любом случае количество интерфейсов должно быть не меньше, чем

$$N_{INT} = \frac{V_{GW}}{V_{INT}} \quad (8)$$

где V_{INT} – полезный транспортный ресурс одного интерфейса.

6.4. Расчет оборудования транзитных шлюзов

Как правило, транзитные (транкинговые) шлюзы TGW устанавливаются на существующих объектах сети с учетом структуры имеющейся сети связи общего пользования (ССОП), осуществляя подключение территориально приближенных АТС. Емкостные показатели шлюза TGW определяются исходя из нагрузки, поступающей от этих АТС. В свою очередь, значение нагрузки может быть вычислено на основе числа потоков E1 между АТС и шлюзом и удельной нагрузки на один канал 64 кбит/с. Обычно для передачи речи от АТС используется стандартный кодек G.711.

Тогда общая нагрузка, поступающая на транзитный шлюз TGW от АТС ССОП, равна:

$$Y_{TGW} = N_{E1} \cdot 30 \cdot y_{кан}, \text{ Эрл}, \quad (9)$$

где N_{E1} – число потоков E1, осуществляющих подключение АТС ССОП к транзитному шлюзу;

$y_{кан}$ – удельная нагрузка одного канала 64 кбит/с в составе первичного потока E1;

Y_{TGW} – общая нагрузка, поступающая на транзитный шлюз от АТС ССОП.

Значение удельной нагрузки на один разговорный канал потока E1 $y_{кан}$ при расчетах принимается равным 0,8 Эрл.

Следует также учитывать, что некоторая часть вызовов (передача факсимильной информации, модемных соединений и пр.) будет обслуживаться с использованием кодека G.711 без компрессии пользовательской информации. Определив долю такой нагрузки как « z »,

формулу для определения транспортного ресурса транзитного шлюза с учетом подавления пауз можно представить в виде:

$$V_{\text{TGW_compr}} = [(1-z) \cdot V_{\text{G.711-p}} + z \cdot V_{\text{G.711}}] \cdot Y_{\text{TGW}}, \text{ бит/с} \quad (10)$$

где $V_{\text{G.711-p}}$ – ресурс для передачи речевой информации кодека G.711 с подавлением пауз.

Помимо пользовательской информации, на транзитный шлюз поступают сообщения протокола управления медиашлюзами H.248/Megaco и сообщения протокола ОКС№7, которые преобразуются в сообщения протокола SIGTRAN. Для этих сообщений также должен быть выделен транспортный ресурс в шлюзе. Таким образом, общий транспортный ресурс TGW может быть вычислен по формуле:

$$V_{\text{TGW}} = V_{\text{TGW_compr}} + V_{\text{H.248}} + V_{\text{ОКС}}, \text{ бит/с}, \quad (11)$$

где $V_{\text{H.248}}$ – полоса пропускания для передачи сообщений протокола H.248;

$V_{\text{ОКС}}$ – полоса пропускания для передачи сообщений ОКС№7.

Приближенно будем считать, что сигнальная информация H.248 требует дополнительно 10% полосы пропускания от общего транспортного ресурса шлюза.

Полоса пропускания для передачи сообщений ОКС№7 определяется с использованием методики пересчета разговорной нагрузки в нагрузку ОКС№7, применяемой при проектировании сетей общеканальной сигнализации:

$$V_{\text{ОКС}} = Y_{\text{TGW}} \cdot k_{\text{ОКС}} \cdot V_{\text{зс}} \cdot y_{\text{зс}} \cdot k_{\text{SIGTRAN}}, \text{ бит/с}, \quad (12)$$

где $k_{\text{ОКС}} = 0,166 \times 10^{-3}$ – коэффициент пересчета местной телефонной нагрузки в нагрузку ОКС№7;

$V_{\text{зс}} = 64000$ – полоса пропускания звена сигнализации ОКС№7, бит/с;

$y_{\text{зс}} = 0,2$ – загрузка звена сигнализации, Эрл.

$k_{\text{SIGTRAN}} = 1,3$ – коэффициент пересчета нагрузки ОКС№7 в нагрузку протокола SIGTRAN.

Количество и тип интерфейсов подключения транзитного шлюза к пакетной сети определяется транспортными ресурсами шлюза и топологией пакетной сети. Транспортный ресурс шлюза и количество интерфейсов связаны соотношением:

$$V_{\text{TGW}} = N_{\text{int}} \cdot V_{\text{int}}, \text{ бит/с} \quad (13)$$

где V_{int} – полезный транспортный ресурс одного интерфейса;

N_{int} – количество интерфейсов.

Основные параметры расчета оборудования шлюза доступа и транзитного шлюза представлены на рис. 2.

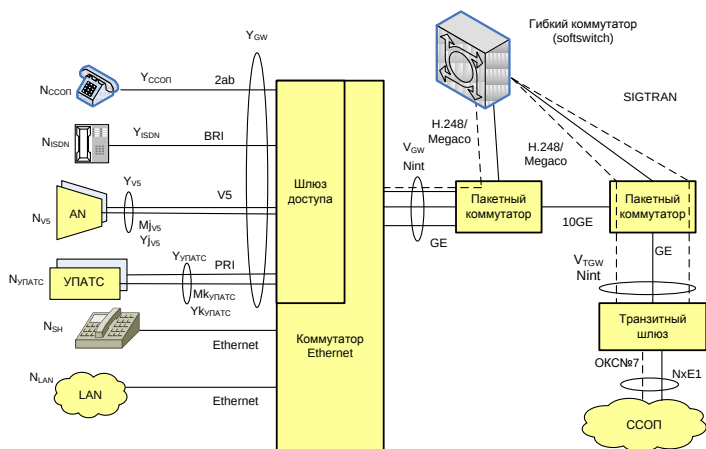


Рис. 2 Параметры расчета оборудования шлюза доступа и транзитного шлюза

ЗАНЯТИЕ 3

РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ГИБКОГО КОММУТАТОРА СЕТЕЙ NGN

1 Цель занятия

Изучение методики и получение практических навыков расчета оборудования гибких коммутаторов (softswitch), используемых в сетях связи следующего поколения NGN.

2 Литература

Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб., Наука и техника, 2005, с. 169-183.

3 Контрольные вопросы

1. Назначение и функции гибкого коммутатора (softswitch) в сети NGN.
2. Какие протоколы используются в гибком коммутаторе (softswitch) для управления сетью доступа?
3. Какие протоколы используются в гибком коммутаторе (softswitch) для управления транспортной сетью?
4. От чего зависит выбор производительности гибкого коммутатора (softswitch)?
5. Как рассчитывается нижний предел производительности гибкого коммутатора по обслуживанию сетей доступа?
6. Как рассчитывается нижний предел производительности гибкого коммутатора по обслуживанию транзитного уровня NGN?
7. Как определить необходимые интерфейсы для подключения гибкого коммутатора к пакетной сети?

4 Задание

В соответствии с индивидуальным заданием из табл. 1 (номер варианта соответствует последней цифре номера зачетной книжки)

1. Изобразить проектируемую сеть NGN, обслуживаемую гибким коммутатором.
2. Рассчитать параметры гибкого коммутатора.

Таблица 1 Индивидуальные задания

№	Исходный параметр	Варианты заданий									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Число абонентов ССОП, тысяч, $N_{\text{ССОП}}$	20	25	30	35	40	45	30	25	35	20
2.	Число абонентов ISDN-BRA, N_{ISDN}	250	200	150	300	350	400	450	250	300	350
3.	Число сетей доступа с интерфейсом V.5/Число потоков E1 для подключения	2/5	3/3	5/4	0	3/5	2/1	6/3	4/4	3/6	0
4.	Число УПАТС, подключаемых к шлюзу /Число потоков PRI для подключения УПАТС	4/2	0	1/2	3/5	1/2	2/3	4/2	0	4/1	3/3
5.	Число абонентов с терминалами SIP/H.323/MGCP, N_{SHM}	500	450	600	250	350	550	300	400	200	450
6.	Поправочный коэффициент для ССОП $k_{\text{ССОП}}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2
7.	Поправочный коэффициент для ISDN k_{ISDN}	1,3	1,5	1,6	1,2	1,4	1,3	1,2	1,1	1,5	1,4
8.	Поправочный коэффициент для V.5 k_{V5}	1,2	1,3	1,5	1,1	1,2	1,4	1,5	1,3	1,2	1,1
9.	Поправочный коэффициент для УПАТС $k_{\text{УПАТС}}$	1,5	1,1	1,1	1,3	1,3	1,5	1,1	1,2	1,3	1,3
10.	Поправочный коэффициент для пакетной сети k_{SHM}	1,2	1,3	1,4	1,5	1,2	1,3	1,4	1,2	1,1	1,5
11.	Интенсивность вызовов, обслуживаемых одним каналом 64 кбит/с, вызовов/ЧНН, $P_{\text{кан}}$	5	7	6	8	4	5	6	7	5	8
12.	Число потоков E1, используемых для подключения станции к транзитному шлюзу	2	3	4	5	2	3	4	2	3	5
13.	Число транзитных шлюзов, обслуживаемых гибким коммутатором	4	2	3	4	5	4	2	3	4	5

5 Содержание отчета

1. Схема подключения гибкого коммутатора к сети NGN с указанием используемых протоколов для управления сетью доступа и транспортной сетью.
2. Результаты расчетов оборудования гибкого коммутатора:
 - нижний предел производительности гибкого коммутатора для управления сетью доступа;
 - тип и количество интерфейсов подключения оборудования гибкого коммутатора к пакетной сети для управления сетью доступа;
 - суммарный минимальный полезный транспортный ресурс гибкого коммутатора SX, требуемый для обслуживания вызовов в транзитных шлюзах;
 - тип и количество интерфейсов подключения оборудования гибкого коммутатора к пакетной сети для управления транзитными шлюзами.

6 Методические указания

6.1 Уровень управления коммутацией и обслуживанием вызова в сети NGN

Задачей уровня управления коммутацией и передачей является управление установлением соединения во фрагменте (домене) сети NGN. Функция установления соединения реализуется на уровне элементов транспортной сети под внешним управлением оборудования гибкого коммутатора (softswitch). Исключением являются АТС с функциями контроллера медиашлюзов MGC, которые сами выполняют управление коммутацией на уровне элемента транспортной сети.

Гибкий коммутатор должен осуществлять:

- обработку всех видов сигнализации, используемых в его домене;
- хранение и управление абонентскими данными пользователей, подключаемых к его домену непосредственно или через оборудование шлюзов доступа;
- взаимодействие с серверами приложений для предоставления расширенного списка услуг пользователям сети.

При установлении соединения оборудование гибкого коммутатора осуществляет сигнальный обмен с функциональными элементами уровня управления коммутацией. Такими элементами являются все шлюзы, пакетное терминальное оборудование сети

(интегрированные устройства доступа (IAD), терминалы SIP и H.323), оборудование других гибких коммутаторов и АТС с функциями контроллера шлюзов (MGC). Для передачи информации сигнализации сети ССОП через пакетную сеть используются специальные протоколы. Так, для передачи информации сигнализации ОКС№7, поступающей через сигнальные шлюзы от ССОП к оборудованию гибкого коммутатора, используется семейство протоколов MxUA технологии SIGTRAN (в то же время в ряде реализаций гибкого коммутатора предусмотрен непосредственный ввод сигнализации ОКС№7).

На основании анализа принятой информации и решения о последующей маршрутизации вызова оборудование гибкого коммутатора, используя соответствующие протоколы, осуществляет сигнальный обмен по установлению соединения с сетевым элементом назначения и управляет установлением соединения для передачи пользовательской информации с использованием протокола H.248 (для IP-коммутации) или BICC (для ATM-коммутации). При этом потоки пользовательской информации не проходят через гибкий коммутатор, а замыкаются на уровне транспортной сети.

В случае использования на сети нескольких гибких коммутаторов они взаимодействуют по межузловым протоколам (как правило, семейство SIP-T) и обеспечивают совместное управление установлением соединения. Структура уровня управления сетями доступа NGN представлена на рис. 1.

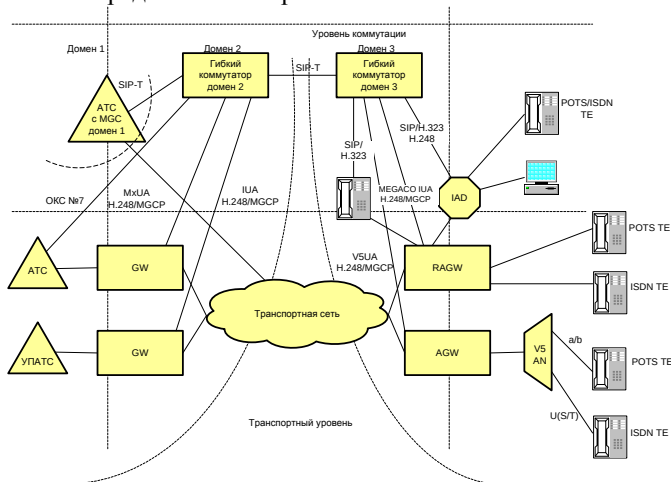


Рис. 1. Схема включения гибких коммутаторов для управления сетями доступа NGN

Терминальное оборудование пакетной сети взаимодействует с оборудованием гибкого коммутатора с использованием протоколов SIP и H.323. Пользовательская информация от терминального оборудования поступает на уровень узлов доступа пакетной сети и далее маршрутизируется под управлением гибкого коммутатора.

6.2 Расчет производительности гибкого коммутатора

Основной задачей гибкого коммутатора при управлении сетью доступа являются обработка сигнальной информации обслуживания вызова и управление установлением соединений. Емкостные параметры абонентской базы гибкого коммутатора должны позволять обслуживание всех абонентов различных типов, подключение которых планируется при построении сети доступа. При этом для обслуживания вызовов могут использоваться различные протоколы сигнализации.

Введем следующие переменные:

P_{CCOP} – удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих доступ по аналоговой телефонной линии в ЧНН;

P_{ISDN} – удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих доступ по базовому доступу ISDN в ЧНН;

P_{V5} – удельная (приведенная к одному каналу интерфейса) интенсивность вызовов от абонентов, подключаемых к пакетной сети через сети доступа интерфейса V5, в ЧНН;

$P_{\text{УПАТС}}$ – удельная (приведенная к одному каналу интерфейса) интенсивность вызовов от УПАТС, подключаемых к пакетной сети, в ЧНН;

P_{SHM} – удельная интенсивность вызовов от абонентов, использующих пакетные терминалы SIP, H.323, MGCP, в ЧНН.

В соответствии с «Общими техническими требованиями к городскому АТС» интенсивность вызовов равна:

$P_{\text{CCOP}} = 5 \text{ выз/ЧНН}$, $P_{\text{ISDN}} = 10 \text{ выз/ЧНН}$, $P_{\text{УПАТС}} = 35 \text{ выз/ЧНН}$.

Значение P_{SHM} можно принять равным P_{CCOP} . Значение P_{V5} можно принять равным $P_{\text{УПАТС}}$.

Тогда общая интенсивность вызовов, поступающих на гибкий коммутатор от источников всех типов, равна:

$$P_{\text{CALL}} = P_{\text{CCOP}} \cdot \left(\sum_{l=1}^L N_{l_ \text{CCOP}} + \sum_{l=1}^L N_{l_ \text{SHM}} \right) + P_{\text{ISDN}} \cdot \sum_{l=1}^L N_{l_ \text{ISDN}} + P_{\text{V5}} \cdot \left(\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J N_{j_ \text{V5}} + \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K N_{k_ \text{УПАТС}} \right) \quad , \text{ выз/ЧНН} \quad (1)$$

где L — число шлюзов доступа, обслуживаемых гибким коммутатором.

Отметим, что удельная производительность коммутационного оборудования может отличаться в зависимости от типа обслуживаемого вызова, т.е. производительность при обслуживании, например, вызовов ССОП и ISDN, может быть разной.

В документации на коммутационное оборудование, как правило, указывается производительность для наиболее «простого» типа вызовов. В связи с чем при определении требований к производительности гибкого коммутатора можно ввести поправочные коэффициенты k_i , которые характеризуют возможности системы по обслуживанию данного типа вызовов относительно «идеального» типа.

Например, если производительность системы для «идеальных» вызовов SIP равна 10 млн. выз./ЧНН, а для вызовов ССОП — 8 млн. выз./ЧНН, то интенсивность последних должна браться с коэффициентом $k_{\text{ССОП}}=1,25$.

Таким образом, нижний предел производительности гибкого коммутатора по обслуживанию потока вызовов с интенсивностью P_{CALL} может быть определен по формуле:

$$P_{\text{SX}} = k_{\text{ССОП}} \cdot P_{\text{ССОП}} \cdot N_{\text{ССОП}} + k_{\text{ISDN}} \cdot P_{\text{ISDN}} \cdot N_{\text{ISDN}} + k_{\text{V5}} \cdot P_{\text{V5}} \cdot N_{\text{V5}} + k_{\text{УПАТС}} \cdot P_{\text{УПАТС}} \cdot N_{\text{УПАТС}} + k_{\text{SHM}} \cdot P_{\text{SHM}} \cdot N_{\text{SHM}} \quad (2)$$

6.3. Расчет параметров интерфейсов подключения гибкого коммутатора к пакетной сети

Параметры интерфейса подключения гибкого коммутатора к пакетной сети определяются исходя из интенсивности обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызовов.

Пусть:

L_{MEGACO} – средняя длина сообщения (в байтах) протокола MEGACO, используемого при передаче информации сигнализации по абонентским линиям;

N_{MEGACO} – среднее количество сообщений протокола MEGACO при обслуживании вызова;

L_{V5UA} – средняя длина сообщения протокола V5UA;

N_{V5UA} – среднее количество сообщений протокола V5UA при обслуживании вызова;

L_{IUA} – средняя длина сообщения протокола IUA;

N_{IUA} – среднее количество сообщений протокола IUA при обслуживании вызова;

L_{SH} – средняя длина сообщения протоколов SIP/H.323;

N_{SH} – среднее количество сообщений протоколов SIP/H.323 при обслуживании вызова;

L_{MGCP} – средняя длина сообщения протокола MGCP, используемого при управлении коммутацией на шлюзе;

N_{MGCP} – среднее количество сообщений протокола MGCP при обслуживании вызова.

Тогда минимальный полезный транспортный ресурс (бит/с), которым гибкий коммутатор SX должен подключаться к пакетной сети для обслуживания вызовов в сети доступа, определяется:

$$V_{SX} = k_{sig} \cdot [(L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO} \cdot P_{CCOP} \cdot N_{CCOP} + L_{V5UA} \cdot N_{V5UA} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5} + L_{IUA} \cdot N_{IUA} \cdot (P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{УПАТС} \cdot N_{УПАТС}) + L_{SH} \cdot P_{SH} \cdot N_{SH} + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot (P_{CCOP} \cdot N_{CCOP} + P_{V5} \cdot N_{V5} + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{УПАТС} \cdot N_{УПАТС})] / 450, \text{ бит/с}, \quad (3)$$

где k_{sig} – коэффициент использования транспортного ресурса при передаче сигнальной нагрузки. По аналогии с расчетом сигнальной сети ОКС№7 примем значение $k_{sig} = 5$, что соответствует нагрузке в 0,2 Эрл; 1/450 – результат приведения размерностей «байт в час» к «бит в секунду» ($8/3600 = 1/450$).

Ориентировочно можно принять, что средняя длина всех сигнальных сообщений равна 50 байтам, а среднее количество сигнальных сообщений в процессе обслуживания вызова равно 10.

Емкостные параметры интерфейсов подключения оборудования гибкого коммутатора к пакетной сети определяются следующим выражением:

$$N_{int} = \frac{V_{SX}}{V_{int}} \quad (4)$$

где V_{int} – полезный транспортный ресурс одного интерфейса.

6.4. Расчет оборудования гибкого коммутатора для управления транзитными шлюзами

Основной задачей гибкого коммутатора при управлении транзитным уровнем коммутации в сети NGN является обработка сигнальной информации обслуживания вызова и управление установлением соединений. Требования к производительности гибкого коммутатора определяются интенсивностью вызовов, требующих обработки.

Интенсивность поступающих вызовов определяется интенсивностью вызовов, приходящейся на один канал 64 кбит/с первичного потока E1, а также числом потоков E1, используемых для подключения станций ССОП к транзитному шлюзу (рис 2).

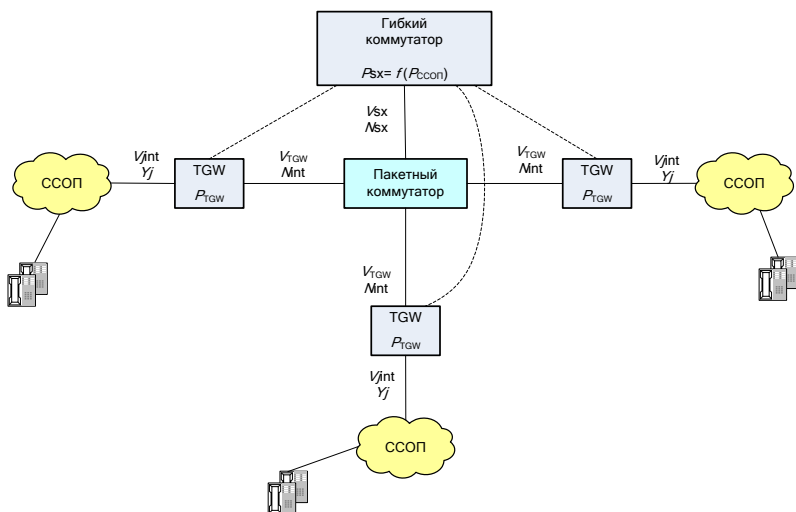


Рис. 2. Схема включения гибкого коммутатора для управления транзитными шлюзами NGN

Интенсивность вызовов, поступающих на гибкий коммутатор, от транзитных шлюзов можно вычислить как

$$P_{SX} = \sum_{m=1}^M P_{TGW-m} = 30 \cdot P_{кан} \cdot \sum_{m=1}^M N_{E1-m}, \text{ выз/ЧНН} \quad (5)$$

где P_{TGW-m} – интенсивность телефонных вызовов, поступающих на транзитный шлюз с номером m от ССОП;

M – число транзитных шлюзов, обслуживаемых гибким коммутатором;

$P_{кан}$ – интенсивность вызовов, обслуживаемых одним разговорным каналом 64 кбит/с, выз/ЧНН;

N_{E1-m} – число первичных потоков Е1 от ССОП, включенных в транзитный шлюз с номером m .

Значение удельной интенсивности нагрузки определяется общими техническими требованиями к используемой опорной станции ОПС.

Параметры интерфейса подключения гибкого коммутатора к пакетной сети определяются исходя из интенсивности обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызовов. При использовании гибкого коммутатора для организации распределенного транзитного коммутатора сообщения сигнализации ОКС№7 поступают

на SX в формате сообщений протокола M2UA или M3UA, в зависимости от реализации.

Пусть:

L_{MxUA} – средняя длина сообщения (в байтах) протокола MxUA;

N_{MxUA} – среднее количество сообщений протокола MxUA при обслуживании вызова;

L_{MGCP} – средняя длина сообщения (в байтах) протокола MGCP, используемого для управления транспортным шлюзом;

N_{MGCP} – среднее количество сообщений протокола MGCP при обслуживании вызова.

Тогда транспортный ресурс SX, необходимый для передачи сообщений протокола MxUA, составляет:

$$V_{SX_MxUA} = k_{sig} \cdot L_{MxUA} \cdot N_{MxUA} \cdot P_{SX}, \text{ байт/ЧНН}, \quad (6)$$

где k_{sig} – коэффициент использования ресурса.

Аналогично, транспортный ресурс гибкого коммутатора, необходимый для передачи сообщений протокола MGCP, составляет

$$V_{SX_MGCP} = k_{sig} \cdot L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot P_{SX}, \text{ байт/ЧНН}. \quad (7)$$

Суммарный минимальный полезный транспортный ресурс гибкого коммутатора SX, требуемый для обслуживания вызовов в структуре транзитного коммутатора, составляет

$$V_{SX} = V_{SX_MxUA} + V_{SX_MGCP}.$$

После приведения размерностей получаем

$$V_{SX_MxUA} = k_{sig} \cdot P_{SX} \cdot (L_{MxUA} \cdot N_{MxUA} + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP}) / 450, \text{ бит/с} \quad (8)$$

При расчетах ориентировочно можно принять, что средняя длина всех сигнальных сообщений протоколов MxUA и MGCP равна 50 байтам, а среднее количество сигнальных сообщений в процессе обслуживания одного вызова равно 10.

Емкостные параметры интерфейсов подключения оборудования гибкого коммутатора к пакетной сети для управления транзитными коммутаторами могут быть определены по формуле (4).

ЗАНЯТИЕ 4

ПОСТРОЕНИЕ СИГНАЛЬНЫХ ДИАГРАММ СОЕДИНЕНИЙ В СЕТИ NGN НА БАЗЕ ПРОТОКОЛА SIP

1 Цель занятия

Изучение форматов сообщений протокола SIP и получение практических навыков построения сигнальных диаграмм и заполнения полей заголовков запросов и ответов.

2 Литература

1. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи /Учебник для ВУЗов. СПб.: БХВ-Петербург, 2010, с. 298-302.
2. Росляков А.В. Основы IP-телефонии / Учебное пособие. – М.: ИРИАС, 2007, с. 83-88.

3 Контрольные вопросы

1. Зачем нужен протокол SIP? Какие принципы положены в основу протокола SIP?
2. Какое место занимает протокол SIP в стеке протоколов TCP/IP?
3. С помощью какого протокола терминалы обмениваются информацией о своих функциональных возможностях?
4. Перечислите основные элементы SIP-сети, укажите их функции.
5. Из каких элементов состоит Агент пользователя? Когда они используются?
6. Перечислите типы серверов SIP-сети, укажите их функции
7. Привести пример SIP-сети. Описать на нем в общем виде процесс установления соединения между терминалами.
8. Какой тип адресации используется в протоколе SIP. Перечислить типы SIP-адресов, что значат их элементы?
9. Сообщения протокола SIP. Какой формат сообщений и их структура?
10. Назначение запросов и ответов протокола SIP.
11. Пояснить назначение основных заголовков сообщений.
12. Описать процесс установления соединения с участием сервера переадресации.
13. Описать процесс установления соединения с участием прокси-сервера.

14. В чем разница сценариев установления соединения с участием сервера переадресации и с участием прокси-сервера?

15. Какое минимальное число сообщений SIP необходимо для установления успешного соединения?

4 Задание

Исходные данные:

1. Соединение между пользователями А и В в сети NGN на базе протокола SIP устанавливается через прокси-серверы, обслуживающих этих пользователей. Прокси-серверы знают текущее местоположение пользователей.

2. Пользователи А и В в сети NGN на базе протокола SIP характеризуются данными, приведенными в табл. 1 (номер варианта соответствует последней цифре зачетной книжки).

3. Адреса (имена) прокси-серверов пользователей А и В задать самостоятельно в том же домене, что и пользователь.

Необходимо:

1. Изобразить стрелочную диаграмму установления успешного соединения и его разрушения между пользователями А и В в сети на базе протокола SIP с указанием используемых запросов и ответов протокола SIP.

2. Для каждого запроса и ответа заполнить поле основных заголовков.

5 Содержание отчета

4. Стрелочная диаграмма установления успешного соединения и его разрушения между пользователями А и В в сети NGN на базе протокола SIP.

5. Заполненные поля заголовков всех использованных в соединении запросов и ответов протокола SIP.

Таблица 1. Исходные данные для задания

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Имя польз. А	User	Operator	Guest	Privacy	Client	Manager	People	Chief	Boss	Clerk
Отображаемое имя польз. А	Vladimir	Olga	Peter	Ivan	Lena	David	Sofia	Sasha	Nina	Sergei
Домен польз. А	prim.ru	darts.ru	doc.com	antei.org	guk.ru	mtusi.ru	force.int	astana.kz	minsk.bu	kiev.ua
IP-адрес польз. А	192.168.0.1	196.14.1.12	201.11.2.1	212.1.0.3	198.1.1.3	195.2.3.1	211.11.1.1	195.0.2.4	199.1.0.3	193.24.1.0
Номер предыдущей послед. команд	25486	3648	31975	593173	2132456	553547	4358	23787	5867	67867
Имя польз. В	Guest	Privacy	User	Operator	People	Boss	Client	Manager	Clerk	Chief
Отображаемое имя польз. В	Olga	Peter	Lena	Vladimir	Sofia	Nina	Sergei	David	Sasha	Ivan
Домен польз. В	darts.ru	cum.com	prim.ru	mtusi.ru	antei.org	gfr.com	guk.sr.ru	guk.sr.ru	astana.kz	doc.com
IP-адрес пользователя В	192.130.1.0	193.23.1.2	223.2.0.1	202.14.3.91	197.12.1.3	194.26.2.11	191.3.12.3	211.0.2.1	196.35.0.3	194.32.5.1
Исход вызова	Успешный, отбой польз. А	Неуспешный, польз. В занят	Успешный, отбой польз. А	Неуспешный, прокси - сервер В не может обслужить запрос	Успешный, отбой польз. А	Неуспешный, в прокси - сервере В не реализованы функции	Успешный, отбой польз. А	Неуспешный, запрос не понят прокси-сервером В	Неуспешный, прокси-сервер В перегружен	Неуспешный, прокси-сервер В отказался обслуживать запрос

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

6.1 Сценарии установления соединений

1. Сценарий установления соединения через сервер переадресации

Вызывающему пользователю требуется вызвать другого пользователя. Он передает запрос INVITE (1) на известный ему адрес сервера переадресации и на порт 5060, используемый по умолчанию (рис. 1).

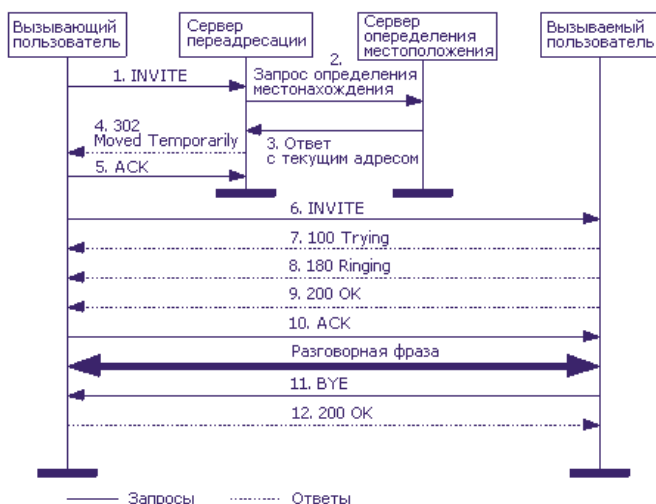


Рис. 1. Сценарий установления соединения через сервер переадресации

В запросе вызывающий пользователь указывает адрес вызываемого пользователя. Сервер переадресации запрашивает текущий адрес нужного пользователя у сервера определения местоположения (2), который сообщает ему этот адрес (3). Сервер переадресации в своем ответе 302 Moved temporarily передает вызывающей стороне текущий адрес вызываемого пользователя (4), или сообщает список зарегистрированных адресов вызываемого пользователя, предлагая вызывающему самому выбрать один из них.

Вызывающая сторона подтверждает прием ответа 302 передачей сообщения ACK (5).

Теперь вызывающая сторона может связаться с вызываемой стороной. Для этого она передает новый запрос INVITE (6). В теле сообщения INVITE указываются данные о функциональных возможностях вызывающей стороны в формате протокола SDP. Вызываемая сторона принимает запрос INVITE и начинает его обработку, о чем сообщает ответом 100 Trying (7) встречному оборудованию для перезапуска его таймеров.

После завершения обработки поступившего запроса оборудование вызываемой стороны сообщает своему пользователю о входящем вызове, а встречной стороне передает ответ 180 Ringing (8). После приема вызываемым пользователем входящего вызова встречной стороне передается сообщение 200 OK (9), в котором содержатся данные о функциональных возможностях вызываемого терминала в формате протокола SDP. Терминал вызывающего пользователя подтверждает прием ответа запросом ACK (10). На этом фаза установления соединения заканчивается, и начинается разговорная фаза.

По завершении разговорной фазы любая из сторон передает запрос BYE (11), который подтверждается ответом 200 OK (12).

Если пользователь А знает о текущем местоположении пользователя В, то он не обращается к серверу переадресации и серверу определения местоположения.

2. Сценарий установления соединения через прокси-сервер

В этом случае действия (1), (2), (3) такие же, как и при использовании сервера переадресации. После выяснения адреса (на сервере определения местоположения) прокси-сервер пользователя А передает по этому адресу запрос INVITE (4) (рис. 2). Вызываемый пользователь В оповещается акустическим или визуальным сигналом о том, что его вызывают (5); он поднимает трубку, и ответ 200 OK отправляется к прокси-серверу (6). Прокси-сервер переправляет этот ответ вызвавшему пользователю А (7), последний подтверждает правильность приема, передавая запрос ACK (8), который переправляется к вызванному пользователю В (9). Соединение установлено, идет разговор.

Вызванный пользователь В кладет трубку, передается запрос BYE (8), прием которого подтверждается ответом 200 OK (9) и (12).

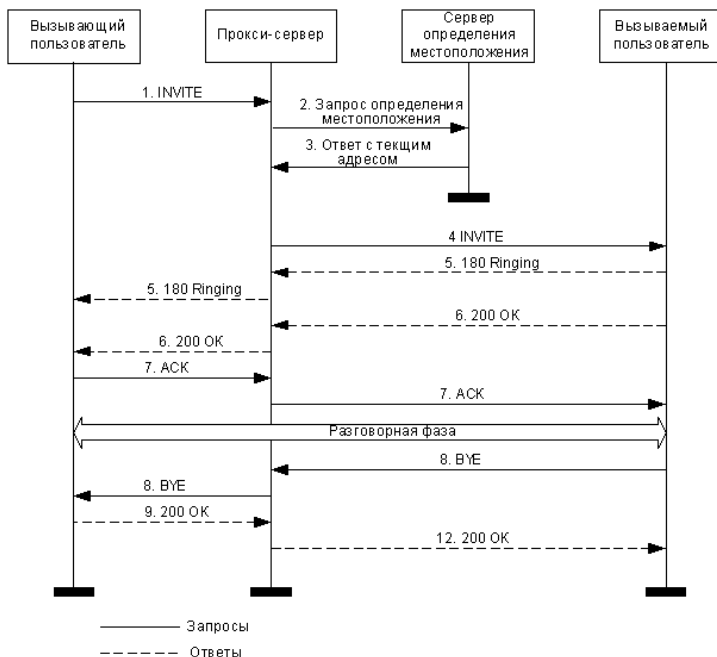


Рис. 2. Сценарий установления соединения через прокси-сервер

Если прокси-сервер пользователя А знает о текущем местоположении пользователя В, то он не обращается к серверу определения местоположения.

6.2 Формат запросов протокола SIP

Сообщения протокола SIP (запросы и ответы), представляют собой последовательности текстовых строк, закодированных в соответствии с документом RFC 2279. Структура и синтаксис сообщений SIP идентичны используемым в протоколе HTTP (рис. 3).

Запрос протокола SIP, составленный клиентом агента пользователя UAC (User Agent Client), должен *обязательно* включать:

- *стартовую строку* Request-Line;
- шесть полей *заголовков*: To, From, CSeq, Call-ID, Max-Forwards и Via.

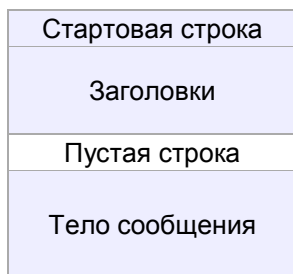


Рис. 3. Структура сообщений протокола SIP

Стартовая строка Request-Line состоит из названия типа запроса, адрес запроса Request-URI и номера версии протокола, разделённых пробелом (рис. 4). Request-Line заканчивается символами возврата каретки и перевода строки (CRLF). Оба символа, вместе или по одиночке, не должны встречаться в других частях строки.

Тип запроса	Пробел	Request-URI	Пробел	Версия протокола	CRLF
----------------	--------	-------------	--------	---------------------	------

Рис 4. Структура строки Request-Line

В базовой рекомендации IETF RFC 3261 определено *6 типов запросов*: REGISTER - для регистрации контактной информации, INVITE, ACK и CANCEL - для установление сессий, BYE - для завершения сессий и OPTIONS - для запроса информации о функциональных возможностях сервера. В настоящее время число запросов в протоколе SIP увеличено до 14. Сервер определяет тип принятого запроса по названию, указанному в стартовой строке.

Поле Request-URI - это SIP URI, указывающий на пользователя или сервис, к которому адресован запрос. Исходное значение поля Request-URI сообщения устанавливается таким же, как URI в поле To. При использовании предустановленного маршрута рекомендуется задавать один URI, соответствующий исходящему прокси-серверу. Поле Request-URI не должно содержать пробелов и управляющих символов, а также быть заключённым в угловые скобки « $\langle \rangle$ ».

И запросы, и ответы содержат действующую версию SIP-протокола. Приложения, посылающие SIP-сообщения, должны в поле SIP-Version указывать SIP/2.0;.

Пример стартовой строки:

ACK sip:alex@psuti.ru SIP/2.0

Ниже будет рассмотрено формирование заголовков SIP-запросов при работе UAC вне диалога. Примерами запросов, отсылаемых вне диалога, является запрос INVITE, устанавливающий сессию, и запрос OPTIONS для запроса информации о функциональных возможностях.

1. Формирование заголовка To

Поле заголовка To устанавливает желаемого логического получателя запроса - публичный адрес получателя (address-of-record) или ресурс, на который отправляется запрос. Значение заголовка может как быть, так и не быть конечным получателем запроса. Поле To должно содержать SIP или SIPS URI. Схема SIPS означает, что ресурсы достижимы только при условии обеспечения безопасности (например, с помощью протокола TLS). Поле To позволяет также отображать имя пользователя (display name).

Обычно поле заголовка To заполняется через интерфейс пользователя вручную или с использованием адресной книги. Зачастую пользователь не вводит адреса полностью, а вместо этого вводит строку букв или цифр (например, «alex»); агент пользователя UA (User Agent) сам решает, как интерпретировать эту строку. Использование строки ввода для формирования пользовательской части SIP-адреса (user part) предполагает, что UA желает определить имя домена, находящееся по правую сторону от «@» SIP URI (например, sip:alex@psuti.ru).

Запросы вне диалога не должны содержать параметра «tag» в поле To. Параметр «tag» в заголовке To определяет конкретный терминал вызываемого пользователя (например, домашний, рабочий или сотовый телефон) из терминалов зарегистрированных под одним SIP адресом. «Tag» заголовка To в совокупности с «tag» заголовка From и значением поля Call-ID идентифицирует диалог между двумя его участниками. Поскольку диалог не был установлен, «tag» в запросе отсутствует.

Пример поля заголовка To:

To: Alex <sip:alex@psuti.ru>

2. Формирование заголовка From

Поле заголовка From содержит логический идентификатор инициатора сообщения, как правило, публичный адрес вызывающего

пользователя. Также, как поле To, оно содержит URI и, опционально, отображаемое имя (display name), что удобно для вызываемого пользователя. Заголовок используется SIP-элементами для того, чтобы определить правила обработки, применимые к запросу (например, автоматическое отклонение вызова). Важно, чтобы URI в заголовке From не содержал IP-адреса хоста, с которым работает UA, так как это не логические имена.

Заголовок From предусматривает присутствие отображаемого имени (display name). UAC должен использовать отображаемое имя «Anonymous», если идентификационная информация пользователя (identity) неизвестна.

Обычно, поле заголовка From запросов, которые создаёт UA, заполняется на основании значения, предварительно определённого пользователем или администратором локального домена пользователя. Если конкретный UA используется несколькими пользователями, он может иметь переключаемые профили, которые содержат URI, соответствующий конкретным пользователям. Получатели запросов могут аутентифицировать инициатора запроса для того, чтобы убедиться, что они те, кого представляют заголовки From их запросов.

Поле From должно содержать новый параметр «tag», созданный клиентом UA. Этот параметр содержит произвольную буквенно-цифровую строку, которая добавляется к URI UAC. Она используется для идентификации сессии.

Примеры поля заголовка From:

From: "Alex" <sip:alex@psuti.ru>;tag=v648g

From: sip:+79213434329@gateway.samara.ru;tag=9bs18

3. Формирование заголовка Call-ID

Заголовок Call-ID – это уникальный идентификатор, объединяющий группу сообщений. Он должен совпадать для всех запросов и ответов, отправляемых любым из двух UA в процессе диалога. При создании нового диалога, заголовок Call-ID должен быть выбран UAC как уникальный идентификатор. Все SIP-агенты пользователя должны иметь средства, чтобы гарантировать, что Call-ID, созданный ими, не будет случайно генерирован другим UA.

При генерации значений Call-ID рекомендуется использовать случайные криптографические идентификаторы (по RFC 1750), их использование обеспечивает некоторую защиту от взлома сессий и уменьшает вероятность возникновения коллизий Call-ID. Значения

заголовка Call-ID чувствительны к регистру и должны сравниваться побайтно.

Когда запросы отправляются повторно после получения ответа с кодом ошибки, требующего коррекции запроса, (например, запрос на предоставление отклика аутентификации), эти повторные запросы не рассматриваются как новые и они передаются со старым значением заголовка Call-ID.

Пример поля заголовка Call-ID:

Call-ID: f81d4fae-7dec-11d0-a765-00a0c91e6bf6@psuti.ru

4. Формирование заголовка CSeq

Поле заголовка CSeq (Sequence Command) служит средством для идентификации и упорядочивания транзакций в диалоге. Поле заголовка CSeq содержит порядковый номер и тип запроса. Для запросов вне диалога, кроме REGISTER, значение порядкового номера может быть произвольным. Величина порядкового номера выражается 32-разрядным целым числом и должна быть меньше, чем 2^{31} . Клиент может выбирать любой механизм для создания значений заголовка CSeq.

Пример поля заголовка CSeq:

CSeq: 456 INVITE

5. Формирование заголовка Max-Forwards

Заголовок Max-Forwards используется в любом типе SIP-запросов, чтобы ограничить число серверов или шлюзов, через которые проходит запрос на пути к месту назначения. Значение заголовка должно быть целым числом в пределах от 0 до 255, отражающим оставшееся количество пересылок, которое разрешено для сообщения. Это число уменьшается каждым сервером на единицу, который пересылает запрос дальше. В качестве первоначального значения рекомендуется брать 70. Величина выбрана достаточно большой, чтобы гарантировать, что запрос не будет отброшен сетью SIP при отсутствии петель, но и не слишком большой, чтобы не загружать ресурсы прокси-сервера при возникновении петли. Меньшие величины рекомендуется использовать с осторожностью и только в сетях, где агенту пользователя известна топология сети.

Пример поля заголовка Max-Forwards:

Max-Forwards:6

6. Формирование заголовка *Via*

Поле заголовка *Via* указывает один из узлов, используемых для проведения транзакции и идентифицирует местоположение (location), куда должен быть отправлен ответ. SIP элемент, добавляет собственное значение заголовка *Via* только после выбора следующего узла, которому будет передан запрос.

Когда UAC создает запрос, он должен вставить в него поле *Via*. Также необходимо указать название протокола – SIP, и его версию – 2.0. Поле заголовка *Via* должно содержать параметр «branch». Этот параметр используется для идентификации транзакции, созданной данным запросом. Он используется и клиентом, и сервером.

Значение параметра «branch» должно быть уникальным для всех запросов, отправляемых UA. Исключение составляют запрос CANCEL и запрос ACK на ответы, отличные от класса 2xx. Запрос CANCEL будет иметь то же значение параметра «branch», что и запрос, который он отменяет. Запрос ACK на ответ, отличный от класса 2xx также будет иметь тот же параметр «branch», что и INVITE, ответ на который он подтверждает. Уникальность этого параметра облегчает его использование в качестве идентификатора транзакции. Параметр «branch», вставляемый элементом сети SIP, должен всегда начинаться с "z9hG4bK". Эти семь символов, называемых «magic cookie» («волшебное печенье»), используют для того, чтобы серверы, получившие запрос, могли определить, что идентификатор транзакции уникален в мировом масштабе. Содержимое куки, как правило, не значимо для получателя и не интерпретируется до тех пор, пока получатель не вернёт куки обратно отправителю. В реальной жизни куки можно сравнить с номерком в гардеробе: номерок не имеет собственной ценности, но он позволяет получить взамен правильное пальто.

Пример заголовков *Via*:

Via: SIP/2.0/UDP 12.26.17.91:5060

v: SIP/2.0/UDP server10.itep.com

Укажем назначение некоторых других заголовков, часто встречающихся в сообщениях SIP:

В заголовок **Record route (Хранимый маршрут)** прокси-сервер вписывает свой адрес – SIP URL, – если хочет, чтобы последующие запросы прошли через него.

Таблица 2. Связь заголовков с запросами и ответами протокола SIPv2.0

Название заголовка	Место использования заголовка	ACK	BYE	CAN	INV	OPT	REG
Accept	Заголовок в запросах	F	F	F	O	O	O
Accept	Заголовок в ответе 415	F	F	F	O	O	O
Accept-Encoding	Заголовок в запросах	F	F	F	O	O	O
Accept-Encoding	Заголовок в ответе 415	F	F	F	O	O	O
Accept-Language	Заголовок в запросах	F	O	O	O	O	O
Accept-Language	Заголовок в ответе 415	F	O	O	O	O	O
Allow	Заголовок в ответе 200	F	F	F	F	M	F
Allow	Заголовок в ответе 405	O	O	O	O	O	O
Authorization	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Call-ID	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Contact	Заголовок в запросах	O	F	F	O	O	O
Contact	Заголовок в ответах 1xx	F	F	F	O	O	F
Contact	Заголовок в ответах 2xx	F	F	F	O	O	O
Contact	Заголовок в ответах 3xx	F	O	F	O	O	O
Contact	Заголовок в ответе 485	F	O	F	O	O	O
Content-Encoding	Заголовки содержания	O	F	F	O	O	O
Content-Length	Заголовки содержания	O	F	F	O	O	O
Content-Type	Заголовки содержания	*	F	F	*	*	*
Cseq	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Date	Заголовок в ответах	O	O	O	O	O	O
Encryption	Заголовок в ответах	O	O	O	O	O	O
Expires	Заголовок в ответах	F	F	F	O	F	O
From	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Hide	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Max-Forwards	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Organization	Общий заголовок	F	F	F	O	O	O
Proxy-Authenticate	Заголовок в ответе 407	O	O	O	O	O	O
Proxy-Authorization	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Proxy-Require	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Priority	Заголовок в запросах	F	F	F	O	F	F
Require	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Retry-After	Заголовок в запросах	F	F	F	F	F	O
Retry-After	Заголовок в ответах 404, 480, 486, 503, 600 и 603	O	O	O	O	O	O
Response-Key	Заголовок в запросах	F	O	O	O	O	O
Record-Route	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Record-Route	Заголовок в ответах 2xx	O	O	O	O	O	O
Route	Заголовок в запросах	O	O	O	O	O	O
Server	Заголовок в ответах	O	O	O	O	O	O
Subject	Заголовок в запросах	F	F	F	O	F	F
Timestamp	Общий заголовок	O	O	O	O	O	O
To	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Unsupported	Заголовок в ответе 420	O	O	O	O	O	O
User-Agent	Общий заголовок	O	O	O	O	O	O
Via	Общий заголовок - копируется из запросов в ответы	M	M	M	M	M	M
Warning	Заголовок в ответах	O	O	O	O	O	O
WWW-Authenticate	Заголовок в ответе 401	O	O	O	O	O	O

Заголовок **Content Type (Тип тела сообщения)** определяет формат описания сеанса связи. Само описание сеанса, например, в формате протокола SDP, включается в тело сообщения.

Заголовок **Content Length (Длина тела сообщения)** указывает в десятичном виде размер тела сообщения в байтах.

Следует обратить внимание на то, что запросы и ответы на них могут включать в себя лишь определенный набор заголовков (таблица 2). Здесь буква «M» означает обязательное присутствие заголовка в сообщении, буква «O» – необязательное присутствие, буква «F» запрещает присутствие заголовка. * – поле необходимо только в случае, когда тело сообщения содержит какую-либо информацию, т.е. не является пустым.

6.2 Формат ответов протокола SIP

Характерное отличие SIP-ответов от запросов – это наличие строки состояния Status-Line, в состав которой входят версия протокола и код ответа (Status-Code) со связанной с ним текстовой расшифровкой (Reason-Phrase), разделённые пробелом. Символы возврата каретки (CR) и перевода строки (LF) могут использоваться только совместно в завершающей строку последовательности CRLF.

Версия протокола	Пробел	Код ответа	Пробел	Расшифровка ответа	CRLF
---------------------	--------	---------------	--------	-----------------------	------

Рис 5. Структура строки состояния Status-Line в ответах протокола SIP

Код ответа – это целое трёхзначное число, отражающее результат обработки запроса сервером. Расшифровка ответа (*Reason-Phrase*) дает краткое описание кода ответа и предназначена для визуального восприятия пользователем в отличие от кода ответа (Status-Code), который служит для оповещения технических устройств. К формулировке расшифровки ответа (*Reason-Phrase*) не предъявляется жестких требований.

Определено шесть типов ответов, несущих разную функциональную нагрузку. Тип ответа кодируется трехзначным числом. Самой важной является первая цифра, которая определяет класс ответа, остальные две цифры лишь дополняют первую. В некоторых случаях оборудование даже может не знать все коды ответов, но оно обязательно должно интерпретировать первую цифру ответа.

Все ответы делятся на две группы: *информационные и финальные*.

Информационные ответы кодируются трехзначным числом, начинающимся с единицы, **1xx** и показывают, что запрос находится в стадии обработки. Информационные ответы показывают, что запрос находится в стадии обработки. Некоторые информационные ответы, например, **100 Trying**, предназначены для установки на нуль таймеров, которые запускаются в оборудовании, передавшем запрос. Если к моменту срабатывания таймера ответ на запрос не получен, то считается, что этот запрос потерян и может (по усмотрению производителя) быть передан повторно. Один из распространенных ответов - **180 Ringing**; по назначению он идентичен сигналу «Контроль посылки вызова» в ССОП и означает, что вызываемый пользователь получает сигнал о входящем вызове.

Финальные ответы кодируются трехзначными числами, начинающимися с цифр **2, 3, 4, 5 и 6**. Они означают завершение обработки запроса и содержат, когда это нужно, результат обработки запроса.

Ответы 2xx означают, что запрос был успешно обработан. В настоящее время из всех ответов типа 2xx определены лишь два - **200 OK** и **202 Accepted**.

Значение ответа **200 OK** зависит от того, на какой запрос он отвечает:

- ответ **200 OK** на запрос **INVITE** означает, что вызываемое оборудование согласно на участие в сеансе связи; в теле ответа указываются функциональные возможности этого оборудования;

- ответ **200 OK** на запрос **BYE** означает завершение сеанса связи, в теле ответа никакой информации не содержится;

- ответ **200 OK** на запрос **CANCEL** означает отмену поиска, в теле ответа никакой информации не содержится;

- ответ **200 OK** на запрос **REGISTER** означает, что регистрация прошла успешно;

- ответ **200 OK** на запрос **OPTIONS** служит для передачи сведений о функциональных возможностях оборудования, эти сведения содержатся в теле ответа.

Ответ **202 Accepted** означает, что запрос был принят для обработки, но обработка еще не завершена.

Ответы 3xx информируют оборудование вызывающего пользователя о новом местоположении вызываемого пользователя или

переносят другую информацию, которая может быть использована для нового вызова:

- в ответе *300 Multiple Choices* указывается несколько SIP-адресов, по которым можно найти вызываемого пользователя, и вызывающему пользователю предлагается выбрать один из них;

- ответ *301 Moved Permanently* означает, что вызываемый пользователь больше не находится по адресу, указанному в запросе, и направлять запросы нужно на адрес, указанный в поле *Contact*;

- ответ *302 Moved Temporary* означает, что пользователь временно (промежуток времени может быть указан в поле *Expires*) находится по другому адресу, который указывается в поле *Contact*.

Ответы 4xx информируют о том, что в запросе обнаружена ошибка. После получения такого ответа пользователь не должен передавать тот же самый запрос без его модификации:

- ответ *400 Bad Request* означает, что запрос не понят из-за наличия в нем синтаксических ошибок;

- ответ *401 Unauthorized* означает, что запрос требует проведения процедуры аутентификации пользователя. Существуют разные варианты аутентификации, и в ответе может быть указано, какой из них использовать в данном случае;

- ответ *403 Forbidden* означает, что сервер понял запрос, но отказался его обслуживать. Повторный запрос посылать не следует. Причины могут быть разными, например, запросы с этого адреса не обслуживаются и т.д.;

- ответ *485 Ambiguous* означает, что адрес в запросе не определяет вызываемого пользователя однозначно;

- ответ *486 Busy Here* означает, что вызываемый пользователь в настоящий момент не может принять входящий вызов по данному адресу. Ответ не исключает возможности связаться с пользователем по другому адресу или, к примеру, оставить сообщение в речевом почтовом ящике.

Ответы 5xx информируют о том, что запрос не может быть обработан из-за отказа сервера:

- ответ *500 Server Internal Error* означает, что сервер не имеет возможности обслужить запрос из-за внутренней ошибки. Клиент может попытаться повторно послать запрос через некоторое время;

- ответ *501 Not Implemented* означает, что в сервере не реализованы функции, необходимые для обслуживания этого запроса. Ответ передается, например, в том случае, когда сервер не может распознать тип запроса;

– ответ *502 Bad Gateway* информирует о том, что сервер, функционирующий в качестве шлюза или прокси-сервера, принял некорректный ответ от сервера, к которому он направил запрос;

– ответ *503 Service Unavailable* говорит о том, что сервер не может в данный момент обслужить вызов вследствие перегрузки или проведения технического обслуживания.

Ответы 6xx информируют о том, что соединение с вызываемым пользователем установить невозможно:

– ответ *600 Busy Everywhere* сообщает, что вызываемый пользователь занят и не может принять вызов в данный момент ни по одному из имеющихся у него адресов. Ответ может указывать время, подходящее для вызова пользователя;

– ответ *603 Decline* означает, что вызываемый пользователь не может или не желает принять входящий вызов. В ответе может быть указано подходящее для вызова время;

– ответ *604 Does Not Exist Anywhere* означает, что вызываемого пользователя не существует.

Пример ответа 200 OK:

SIP/2.0 200 OK

Via: SIP/2.0/UDP kton.bell-tel.com

From: A. Bell <sip:a.g.bell@bell-tel.com>

To: <sip:watson@bell-tel.com>;

Call-ID: 3298420296@kton.bell-tel.com

Cseq: 1 INVITE

Content-Type: application/sdp

Content-Length: ...

v=0

o=watson 4858949 4858949 IN IP4 192.1.2.3

t=3149329600 0

SIP=IN IP4 boston.bell-tel.com

m=audio 5004 RTP/AVP 0 3

a=rtpmap:0 PCMU/8000

a=rtpmap:3 GSM/8000

В ответе пользователя Watson на запрос Bell сообщается, что он может принимать аудиоинформацию на порт 5004, понимает кодеки PCMU (ИКМ-μ) и GSM. Поля From, To, Via, Call-ID взяты из запроса INVITE. Поле Cseq показывает, что это – ответ на INVITE с Cseq: 1.

ЗАНЯТИЕ 5

РАЗРАБОТКА СХЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ТЕЛЕФОННЫХ СЕТЕЙ И СЕТЕЙ NGN

1 Цель занятия

Изучение процессов установления телефонных соединений с совместным использованием протоколов сигнализации ISUP и SIP и получение практических навыков построения сигнальных диаграмм взаимодействия телефонных сетей и сетей NGN.

2 Литература

1. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи /Учебник для ВУЗов. СПб.: БХВ-Петербург, 2010, с. 298-302.
2. Росляков А.В. Система общеканальной сигнализации ОКС№7 / Учебное пособие. – М.: ИРИАС, 2007, с. 83-88.

3 Контрольные вопросы

1. В каких узлах сети происходит преобразование сообщений протоколов ISUP и SIP при установлении и разрушении пользовательских соединений? Какие функции они выполняют в сетях SIP и ОКС№7?
2. Какие базовые сообщения передаются в сети сигнализации ОКС№7 (ISUP) при установлении и разрушении телефонного соединения?
3. Какие базовые запросы и ответы передаются в сети SIP при установлении и разрушении речевого соединения?
4. Каким образом передается информация о причине неуспешного соединения в сети на базе протокола SIP?
5. Каким образом передается информация о причине неуспешного соединения в сети сигнализации ОКС№7 (ISUP)?
6. Каким образом осуществляется перенаправление вызова в сети SIP?
7. Каким образом осуществляется разъединение соединения со стороны ISUP?

4 Задание

1. Изобразить схему организации связи между исходящим и

входящим терминалами через транзитную сеть в соответствии с индивидуальным заданием, указанным в таблице 1 (номер варианта соответствует последней цифре зачетной книжки).

Таблица 1. Исходные данные для задания

№ варианта	Тип исх. терминала	Исход. сеть	Тип транзитн. сети	Тип вход. терминала	Вход. сеть	Исход соединения
1	Аналог.	ТфОП	NGN	Аналог	ТфОП	Успешное, отбой абон. Б
2	Аналог.	NGN	ТфОП	Аналог.	ТфОП	Неуспешное, занятость абон. Б
3	SIP	NGN	NGN	Аналог.	ТфОП	Неуспешное, неответ абон. Б
4	SIP	NGN	NGN	Аналог.	ТфОП	Успешн., отбой абон. А
5	SIP	NGN	ТфОП	SIP	NGN	Неуспешн., неправильный номер абон. Б
6	SIP	NGN	ТфОП	Аналог.	NGN	Успешн., отбой абонента Б
7	Аналог.	NGN	NGN	Аналог.	ТфОП	Неуспешн., аб. Б занят
8	Аналог.	ТфОП	ТфОП	SIP	NGN	Неуспешное, неответ абон. Б
9	Аналог.	NGN	NGN	SIP	NGN	Неуспешный, абон. Б занят
0	Аналог.	NGN	NGN	Аналоговый	ТфОП	Неуспешное, неответ абон. Б

2. Указать назначение сетевых узлов, используемых при организации соединений между терминалами разных сетей.

3. Определить:

- тип используемых протоколов сигнализации на каждом участке взаимодействия сетей;

- тип используемых протоколов для передачи речевой информации между терминалами на каждом участке соединения;
- вид передаваемой информации на каждом участке взаимодействия сетей.

4. Изобразить стрелочную диаграмму обмена сигнальными сообщениями между сетевыми узлами, используемыми при организации соединения между терминалами разных сетей.

5. Указать, какую основную информацию переносит каждое сигнальное сообщение.

5 Содержание отчета

1. Стрелочная диаграмма установления соединения между пользователями А и В с указанием:

- типов сетевых узлов;
- типов используемых протоколов сигнализации на каждом участке взаимодействия сетей;
- типов используемых протоколов для передачи речевой информации между терминалами на каждом участке соединения;
- типов сигнальных сообщений протоколов ISUP и SIP и их основного информационного содержания.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

6.1 Общие положения

Далее представлены процедуры, которые может использовать контроллер медиашлюзов MGC (выполняющий функцию шлюза сигнализации SGW) при взаимодействии сетей ТфОП (работающей с системой сигнализации ОКС№7 и подсистемой ISUP) и NGN (использующей протокол сигнализации SIP), путем иллюстрации соответствий между протоколами SIP и ISUP на уровне сообщений и уровне параметров. Основное внимание уделено трансляции сообщений ISUP в сообщения SIP и отображению параметров ISUP в заголовках SIP. Для вызовов ISUP, которые проходят через сеть SIP, целью трансляции является разрешить элементам SIP, таким как прокси-серверы (которые обычно не могут обрабатывать сообщения ISUP), принимать решения по маршрутизации на основе такого критерия ISUP, как номер вызываемой стороны. Отображение между

сигнальными сообщениями протоколов ISUP и SIP описывается с использованием диаграмм потоков вызова. На приведенных ниже диаграммах вся сигнализация (SIP, ISUP) к и от MGC выполняется сигнальным шлюзом, а оперирование медиа-информацией (проключение речевого канала, освобождение канала) выполняется медиашлюзом MG под управлением контроллера MGC. Для упрощения они показаны на рисунках одним узлом, обозначенным как «MGC/MG».

6.2 Соединения SIP → ISUP

6.2.1 Установление успешного соединения

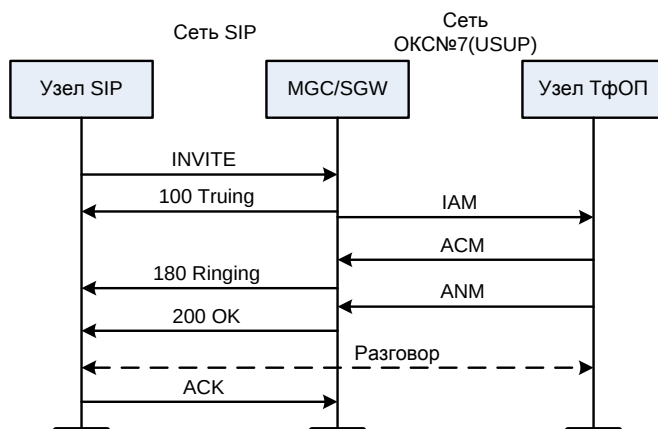


Рис. 1 – Установление успешного соединения

1. Когда пользователь SIP желает инициировать сеанс связи с пользователем ТфОП, узел SIP выдает запрос INVITE, шлюз посылает на него ответ 100 Truing.

2. При приеме запроса INVITE шлюз отображает его в сообщение ISUP «Начальное адресное сообщение» (IAM) и посылает его в сеть OKC№7.

3. Удаленный узел ISUP информирует, что абонент свободен и адрес достаточен для установления соединения путем посылки сообщения ISUP «Адрес полный» (ACM).

4. Получив сообщение ACM, шлюз отображает код события (event code) в промежуточный ответ SIP 180 Ringing (Посылка вызова) и посылает его на узел SIP. Пользователю SIP передается тональный сигнал «Контроль посылки вызова».

5. Когда пользователь ТфОП ответит, шлюзу посылается сообщение ISUP «Ответ» (ANM).

6. Приняв сообщение ANM, шлюз посылает сообщение 200 ОК к узлу SIP.

7. Узел SIP, получив финальный ответ 200 ОК, посылает сообщение ACK для подтверждения.

6.2.2 Невозможность установления соединения в сети ISUP

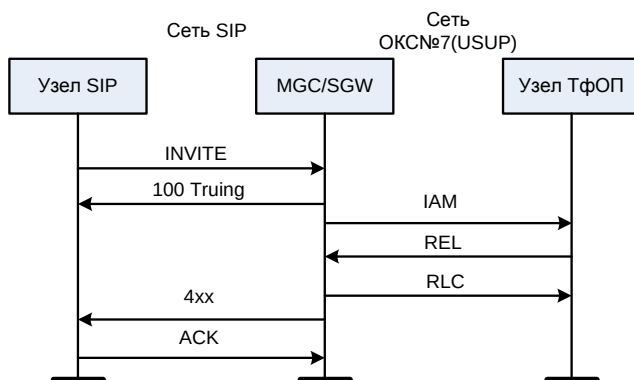


Рис. 2 - Невозможность установления соединения в сети ISUP

1. Когда пользователь SIP инициирует сеанс связи с пользователем ТфОП, узел SIP генерирует запрос INVITE.

2. Приняв запрос INVITE, шлюз отображает его в сообщение IAM и посылает его в сеть ISUP.

3. Т.к. удаленный узел ISUP не может установить соединение, он посылает сообщение REL.

4. Шлюз освобождает канал и подтверждает, что он свободен для дальнейшего использования посылкой сообщения RLC.

5. Шлюз транслирует код причины из сообщения REL в ответ SIP об ошибке 4xx и передает его на узел SIP.

6. Узел SIP посылает ACK для подтверждения приема финального ответа INVITE.

6.2.3 Отбой вызова на стороне SIP до ответа абонента ТфОП

1. Когда пользователь SIP инициирует сеанс связи с пользователем ТфОП, узел SIP генерирует запрос INVITE.

2. Приняв запрос INVITE, шлюз отображает его в сообщение IAM и посылает его в сеть ISUP.

3. Удаленный узел ISUP информирует, что абонент свободен и адрес достаточен для установления соединения путем посылки сообщения ACM.

4. Код параметра «called party status» (статус вызываемой стороны) из сообщения ACM отображается в промежуточный ответ SIP 180.

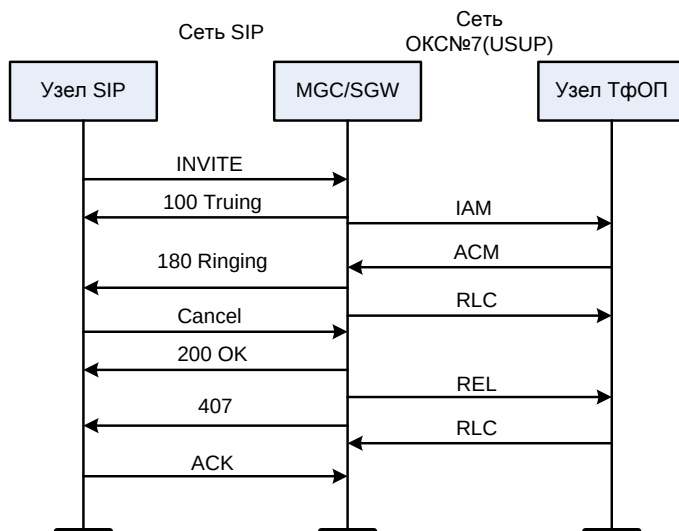


Рис. 3 - Отбой вызова со стороны сети SIP

5. Для завершения вызова до ответа абонента узел SIP посылает запрос CANCEL.

6. Запрос CANCEL подтверждается ответом 200 OK.

7. Получив запрос CANCEL, шлюз посылает ISUP сообщение REL для завершения вызова.

8. Шлюз посылает ответ 478 «Call Cancelled» (Вызов отменен) на узел SIP для завершения транзакции INVITE.

9. Получив сообщение REL, удаленный узел ISUP отвечает сообщением RLC.

10. Получив ответ 487, узел SIP подтверждает прием сообщением ACK.

6.3 Соединения ISUP→SIP

6.3.1 Установление успешного соединения

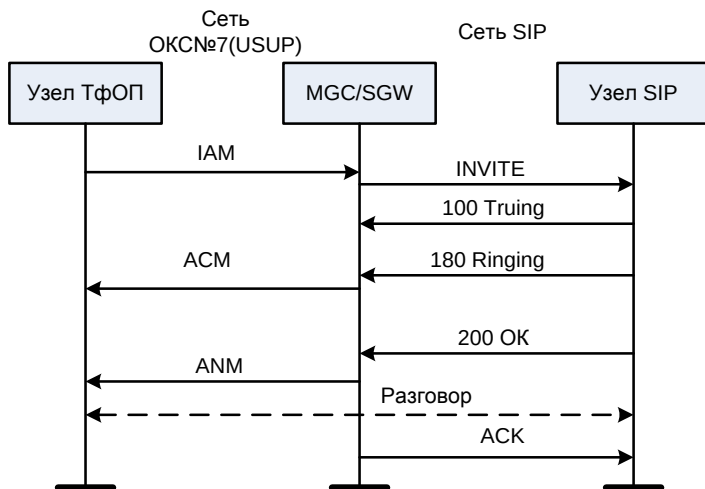


Рис. 4 Установление успешного соединения

1. Когда абоненту ТфОП требуется начать установку сеанса к абоненту SIP, ТфОП генерирует сообщение IAM в направлении шлюза.

2. При приеме сообщения IAM шлюз генерирует сообщение INVITE и посылает его соответствующему узлу SIP.

3. Если происходит событие, обозначающее, что адресная информация вызова является достаточной, то узел SIP генерирует предварительный ответ 180 Ringing или больший.

4. При приеме предварительного ответа 180 Ringing или большего шлюз генерирует сообщение ACM. Если ответ был не 180 Ringing, то в сообщении ACM значение параметра «called party status» («статус вызываемой стороны») будет «no indication» («не указано»).

5. Когда узел SIP ответит на вызов, он посылает сообщение 200 OK.

6. При приеме сообщения 200 ОК шлюз посылает сообщение ANM в направлении узла ISUP.

7. Для подтверждения приема окончательного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение ACK узлу SIP.

6.3.2 Установление неуспешного соединения в сети SIP

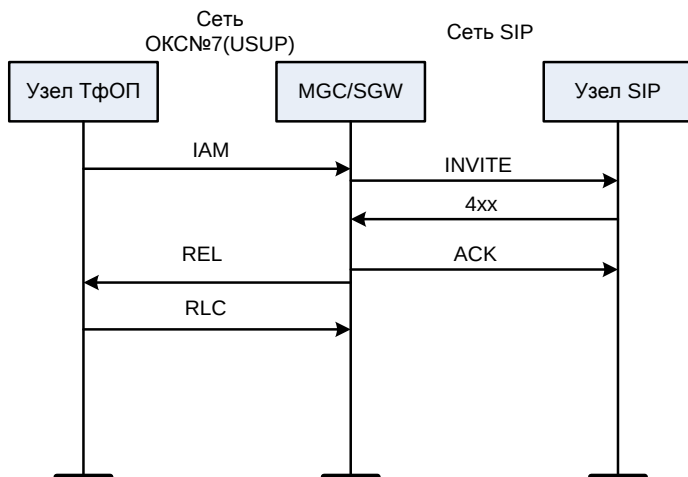


Рис. 5 - Установление неуспешного соединения в сети SIP

1. Когда абоненту ТфОП требуется начать установку сеанса к абоненту SIP, ТфОП генерирует сообщение IAM в направлении шлюза.

2. При приеме сообщения IAM шлюз генерирует сообщение INVITE и посылает его соответствующему узлу SIP на основе анализа номера вызываемого абонента.

3. Узел SIP указывает на состояние ошибки ответом с кодом 400 или большим.

4. Для подтверждения приема окончательного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение ACK узлу SIP.

5. Сообщение REL ISUP с соответствующим кодом причины генерируется из узла SIP.

6. Удаленный узел ISUP подтверждает прием сообщения REL сообщением RLC.

6.3.3 Перенаправление вызова в сети SIP

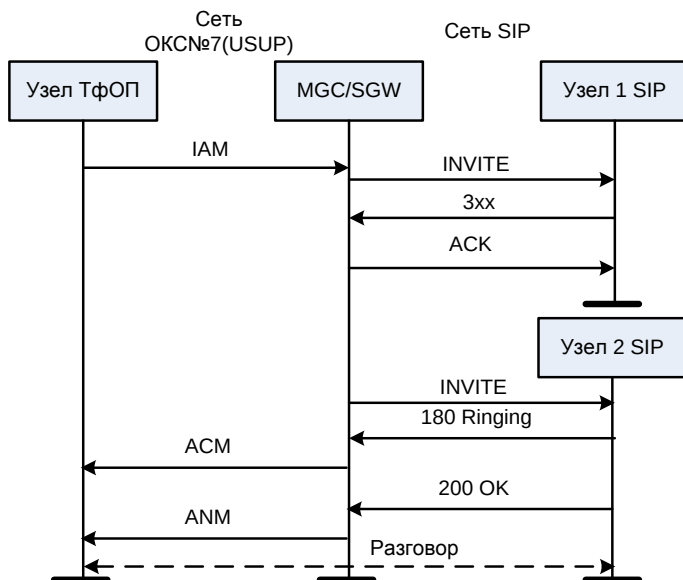


Рис. 6 - Перенаправление вызова в сети SIP

1. Когда абоненту ТфОП требуется начать установку сеанса к абоненту SIP, ТфОП генерирует сообщение IAM в направлении шлюза.

2. При приеме сообщения IAM шлюз генерирует сообщение INVITE и посылает его соответствующему узлу SIP на основе анализа номера вызываемого абонента.

3. Узел SIP посылкой ответа 3xx указывает, что ресурс, к которому пользователь пытается установить контакт, расположен в другом месте. Предполагается, что контактный URL указывает действительный URL, который доступен VoIP SIP-вызову.

4. Шлюз подтверждает прием окончательного ответа на INVITE, передавая сообщение ACK узлу SIP.

5. Шлюз посылает принятое сообщение INVITE по адресу, указанному в поле контакт сообщения 3xx.

6. Когда происходит событие, говорящее о том, что вызов имеет достаточную адресную информацию, узел SIP генерирует предварительный ответ 180 Ringing или больший.

7. При приеме предварительного ответа 180 Ringing или большего шлюз генерирует сообщение ACM с кодом события.

8. Когда узел SIP отвечает на вызов, он посылает сообщение 200 OK.

9. При приеме сообщения 200 OK шлюз посылает сообщение ANM в направлении узла ISUP.

10. Для подтверждения приема окончательного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение ACK узлу SIP.

6.3.4 Разъединение соединения со стороны ISUP

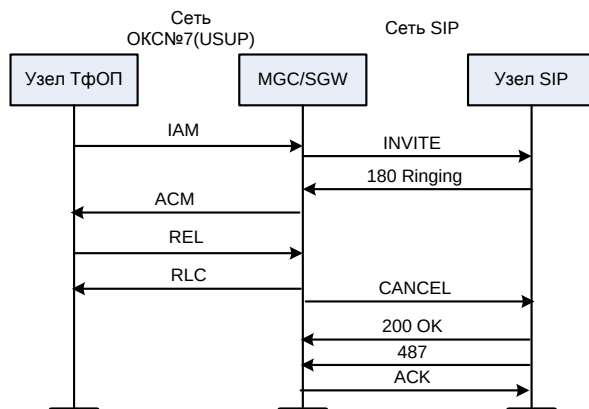


Рис. 7 - Разъединение соединения со стороны ISUP

1. Когда абоненту ТфОП требуется начать установку сеанса к абоненту SIP, ТфОП генерирует сообщение IAM в направлении шлюза.

2. При приеме сообщения IAM шлюз генерирует сообщение INVITE и посылает его соответствующему узлу SIP на основе анализа номера вызываемого абонента.

3. Когда происходит событие, говорящее о том, что вызов имеет достаточную адресную информацию, узел SIP генерирует предварительный ответ 180 Ringing или больший.

4. При приеме предварительного ответа 180 Ringing или большего шлюз генерирует сообщение ACM с кодом события.

5. Если вызывающий абонент положит трубку раньше, чем поступит ответ на вызов от узла SIP, то будет генерироваться сообщение REL.

6. Шлюз освобождает линию ТфОП и посылкой RLC показывает, что она доступна для нового использования.

7. При приеме сообщения REL до заключительного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение CANCEL в направлении узла SIP.

8. При приеме сообщения CANCEL узел SIP посылает ответ 200.

9. Удаленный узел SIP посылает ответ 487 Call Cancelled («Запрос закончен») для завершения транзакции INVITE.

10. Для подтверждения приема окончательного ответа на INVITE шлюз посылает сообщение ACK узлу SIP.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

РАСЧЕТ СИГНАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ПРОТОКОЛА SIP В СЕТИ NGN НА БАЗЕ ПОДСИСТЕМЫ IMS

1 Цель занятия

Изучение методики и получение практических навыков расчета необходимой полосы пропускания для обслуживания сигнального трафика протокола SIP в различных функциональных элементах подсистемы IMS (IP Multimedia Subsystem).

2 Литература

1. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи /Учебник для ВУЗов. СПб.: БХВ-Петербург, 2010.

3 Контрольные вопросы

1. Какие функциональные элементы используются в процессе обслуживания вызовов в подсистеме IMS?
2. В отличие обслуживающего S-CSSF, запрашивающего I-CSSF и прокси P-CSSF функциональных элементов между собой?
3. Какое оборудование и какие протоколы используются в процессе взаимодействия сетей ТфОП и IMS?
4. Поясните процесс обмена сигнальными сообщениями в процессе взаимодействия сетей ТфОП и IMS.
5. Какая нагрузка поступает на функциональный элемент S-CSCF и как рассчитать ее величину?
6. Какая нагрузка поступает на функциональный элемент I-CSCF и как рассчитать ее величину?
7. Опишите процесс установления телефонного соединения из ТфОП в сеть IMS .

4 Задание

1. Изобразить диаграмму обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызова при взаимодействии сетей ТфОП и IMS с указанием используемых сигнальных сообщений в соответствии с исходными данными из табл. 1 (номер варианта соответствует последней цифре зачетной книжки).

2. Рассчитать полосы пропускания для обслуживания нагрузки функциональными элементами S-CSCF и I-CSCF.

Таблица 1. Исходные данные для задания

Номер варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Исходящая сеть	Тф ОП	IMS	Тф ОП	IMS	Тф ОП	IMS	Тф ОП	IMS	Тф ОП	IMS
Исход вызова	Неусп	Усп	Неусп	Усп	Неусп	Усп	Неусп	Усп	Неусп	Усп
Причина неуспешного соединения	За-нято-сть	-	Нео-твет	-	Неп-рав-ном-ер	-	Ном-ер заб-локи-ров.	-	Нет путе-й	-
Первым отбивает абонент	-	А	-	Б	-	А	-	Б	-	А
N_{SIP1} , сообщений	10	12	14	11	13	15	12	11	14	10
N_{SIP2} , сообщений	5	6	9	7	5	8	6	7	9	8
N_{SIP3} , сообщений	5	4	6	8	7	5	9	5	6	7
N_{SIP4} , сообщений	10	11	13	14	12	10	15	10	11	14
N_{SIP5} , сообщений	15	19	13	14	16	18	17	19	13	14
L_{SIP} , байт	40	43	45	41	42	40	44	41	42	43
X	0,15	0,2	0,25	0,3	0,15	0,35	0,2	0,3	0,25	0,15
Y	0,4	0,45	0,35	0,5	0,4	0,3	0,45	0,35	0,5	0,4

5 Содержание отчета

1. Диаграмма обмена сигнальными сообщениями в процессе обслуживания вызова.
2. Расчет полос пропускания для обслуживания нагрузки функциональными элементами I-CSCF, P-CSCF и S-CSCF

6 Методические указания

6.1 Архитектура подсистемы IMS

На рис. 1 представлена упрощенная схема архитектуры IMS. На ней изображены только основные функциональные элементы архитектуры, сертифицированной 3GPP. Далее рассматриваются две сети: ТфОП и IMS, между которыми организовано взаимодействие. Вызовы, создаваемые в сети ТфОП, попадают через оборудование шлюзов в сеть IMS, а именно на гибкий коммутатор (Softswitch) (SS), который выполняет функции сигнального шлюза (SG) и транзитного медиашлюза (TG) одновременно. От гибкого коммутатора SS сигнальная информация поступает на функциональные элементы подсистемы IMS: взаимодействия (I-CSCF), проксирования (P-CSCF) и обслуживания (S-CSCF), где начинается процесс обслуживания вызова. В зависимости от типа передаваемой информации и требуемой услуги для обслуживания вызова может быть также задействована функция медиаресурсов MRF и/или сервер(ы) приложений (AS). Необходимые при обслуживании вызовов абонентские данные считываются из сервера домашних абонентов HSS.

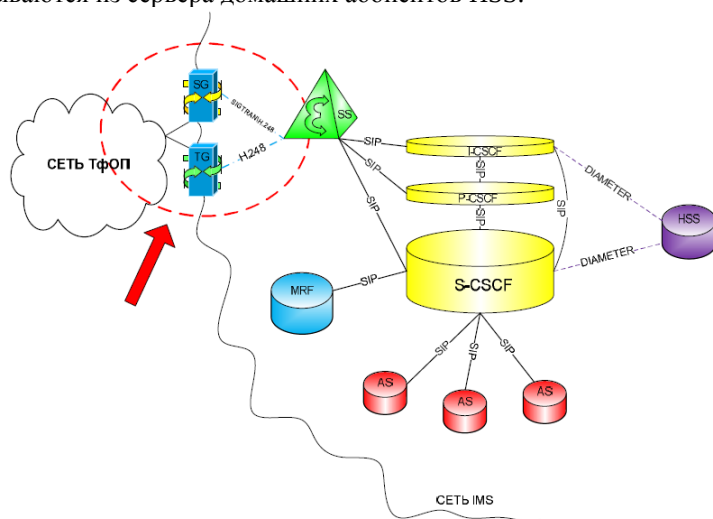


Рис. 1 – Схема стыка сети ТфОП и IMS

Следует учитывать, что на рисунке отмечены только те логические связи между элементами IMS, которые имеют значение или учитываются при дальнейших расчетах. На линиях, обозначающих

связи, указан протокол, при помощи которого осуществляется взаимодействие между функциональными объектами подсистемы IMS.

Выделенный пунктиром фрагмент представляет собой схему из практического занятия «Расчет оборудования гибкого коммутатора». Рассмотрим случай, когда оборудование гибкого коммутатора (Softswitch) выполняет функциональность контроллера медиашлюзов MGCF. Основной задачей этого функционального элемента является управление транспортными шлюзами на границе с сетью ТфОП. На предыдущем практическом занятии был произведен расчет характеристик данного оборудования, эти результаты будут использоваться в данном занятии.

На рис. 2 приведен сценарий обмена сообщениями при обслуживании базового вызова, при котором абонент из сети ТфОП связывается с абонентом в сети IMS.

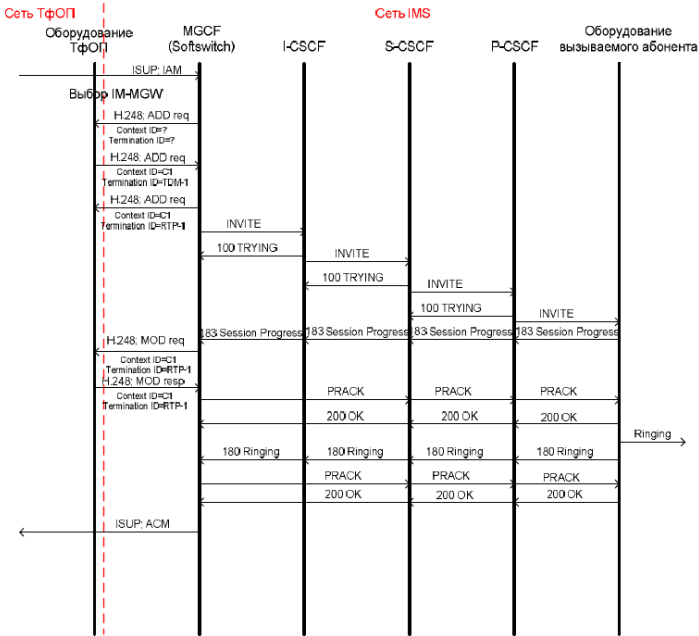


Рис. 2 - Сценарий обслуживания вызова при взаимодействии ТфОП-IMS (начало)

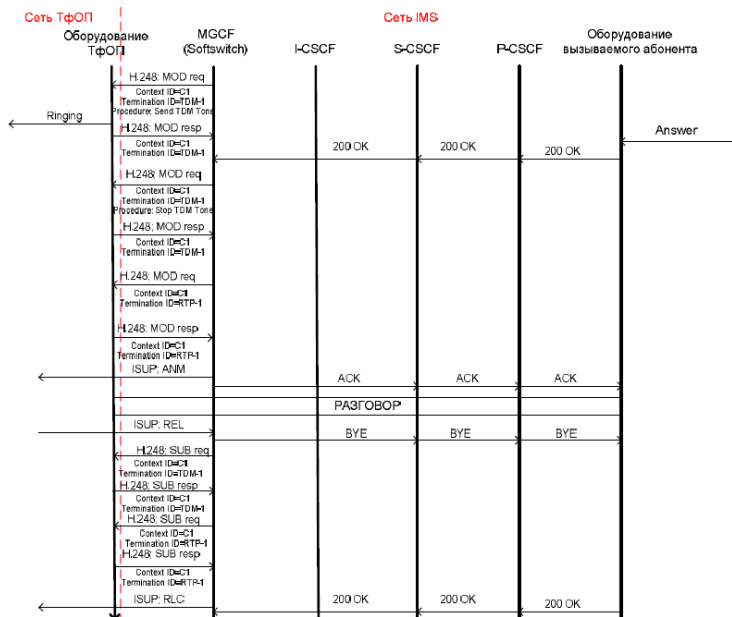


Рис. 2 - Сценарий обслуживания вызова при взаимодействии ТфОП-IMS (окончание)

6.2 Расчет нагрузки на обслуживающий функциональный элемент S-CSCF

Попадая в сеть IMS, все заявки на обслуживание вызовов (сеансов связи) поступают на обслуживающий функциональный элемент S-CSCF. Этот сетевой элемент представляет собой SIP-сервер, управляющий сеансом связи. Для выполнения своих функций, он получает от других сетевых элементов сети всю необходимую информацию об устанавливаемом соединении и требуемой услуге.

Отдельные функции элемента управления обслуживанием вызовов CSCF (I-CSCF, P-CSCF и S-CSCF) могут иметь разную физическую декомпозицию, то есть они могут быть реализованы как в виде единого блока (сервера), обладающего всеми возможностями, так и представлять собой набор устройств (серверов), каждое из которых отвечает за реализацию конкретной функции. Независимо от физической реализации, протокол управления сеансами связи остается

стандартным – SIP. Поэтому рассчитав в отдельности каждую из функций CSCF, можно оценить требуемую производительность сервера, как при отдельной реализации функциональных элементов, так и в случае их совместной реализации.

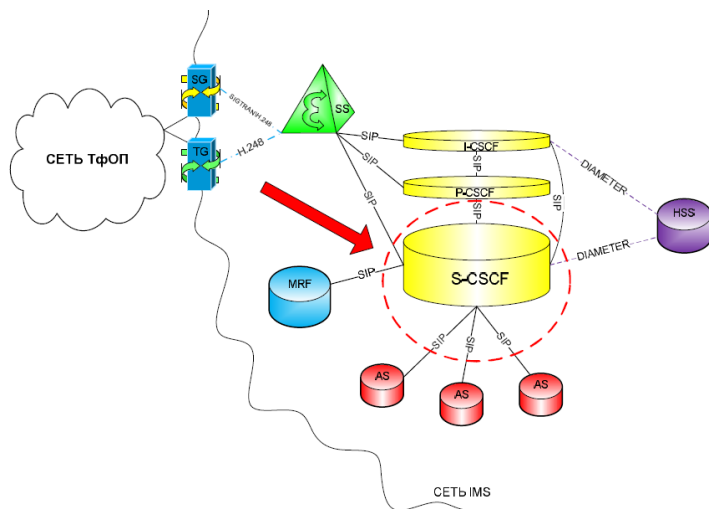


Рис. 3 – Источники нагрузки на функциональный элемент S-CSCF

Примечание: При определении полосы пропускания S-CSCF, необходимой для обслуживания вызовов, учитывается только обмен сообщениями протокола SIP и не учитываются сообщения протокола DIAMETER.

Вызовы из сети ТфОП через оборудование шлюзов поступают на гибкий коммутатор (Softswitch), который в данной архитектуре выполняет функции контроллера медиашлюзов MGCF. Softswitch по протоколу SIP обращается к функциональному элементу взаимодействия I-CSCF, который в свою очередь в ходе установления соединения обменивается сообщениями SIP с обслуживающим элементом S-CSCF. Гибкий коммутатор (Softswitch) тоже начинает обмен сообщениями по протоколу SIP с S-CSCF. Далее I-CSCF и Softswitch передают S-CSCF адресную информацию, информацию о местонахождении вызываемого пользователя, а также информацию о виде услуги, которая запрашивается вызываемым абонентом. Получив эти данные и обработав их, S-CSCF начинает процесс обслуживания вызова. В зависимости от требуемой услуги, S-CSCF обращается к

функции медиаресурсов MRF или к серверам приложений (AS). Таким образом, функциональный элемент S-CSCF устанавливает SIP соединения с Softswitch, I-CSCF, MRF, AS. Существует еще SIP соединение с элементом P-CSCF, но он не учитывается в процессе расчета транспортного ресурса, так как его влияние на требуемый ресурс незначительно.

Исходными данными для расчета S-CSCF являются:

1. Среднее число SIP сообщений при обслуживании одного вызова между следующими парами функциональных элементов архитектуры IMS:

- a) SS и S-CSCF - N_{SIP1} ;
- b) MRF и S-CSCF - N_{SIP2} ;
- c) AS и S-CSCF - N_{SIP3} ;
- d) I-CSCF и S-CSCF - N_{SIP4} .

2. Средняя длина сообщения SIP в байтах - L_{SIP} .

3. Доля вызовов, при обслуживании которых требуется обращение к серверу медиаресурсов MRF - X .

4. Доля вызовов, при обслуживании которых требуется обращение к серверам приложений AS - Y .

Введем следующие обозначения:

$V_{SS \leftrightarrow S-CSCF}$ - транспортный ресурс между гибким коммутатором SS (SoftSwitch) и элементом S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{AS \leftrightarrow S-CSCF}$ - транспортный ресурс между серверами приложений (AS) и элементом S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{MRF \leftrightarrow S-CSCF}$ - транспортный ресурс между сервером медиаресурсов MRF и элементом S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{I-CSCF \leftrightarrow S-CSCF}$ - транспортный ресурс между I-CSCF и обслуживающим элементом S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов;

V_{S-CSCF} - общий транспортный ресурс S-CSCF, который требуется для обмена сообщениями по протоколу SIP во время обслуживания вызовов.

Тогда общий транспортный ресурс для обслуживающего функционального элемента S-CSCF будет равен:

$$V_{S-CSCF} = V_{I-CSCF \leftrightarrow S-CSCF} + V_{MRF \leftrightarrow S-CSCF} + V_{AS \leftrightarrow S-CSCF} + V_{SS \leftrightarrow S-CSCF}, \quad (1)$$

$$\text{где } V_{SS \leftrightarrow S\text{-CSCF}} = k_{\text{sig}} \times (L_{\text{SIP}} \times N_{\text{SIP1}} \times P_{\text{SX}}); \quad (2)$$

$$V_{AS \leftrightarrow S\text{-CSCF}} = k_{\text{sig}} \times (L_{\text{SIP}} \times N_{\text{SIP2}} \times P_{\text{SX}} \times X); \quad (3)$$

$$V_{\text{MRF} \leftrightarrow S\text{-CSCF}} = k_{\text{sig}} \times (L_{\text{SIP}} \times N_{\text{SIP3}} \times P_{\text{SX}} \times Y); \quad (4)$$

$$V_{I\text{-CSCF} \leftrightarrow S\text{-CSCF}} = k_{\text{sig}} \times (L_{\text{SIP}} \times N_{\text{SIP4}} \times P_{\text{SX}}), \quad (5)$$

где $k_{\text{sig}} = 5$ - коэффициент использования транспортного ресурса при передаче сигнальной нагрузки протокола SIP. По аналогии с расчетом сигнальной сети ОКС№7 значение $k_{\text{sig}}=5$ соответствует нагрузке в 0,2 Эрл.

Значения P_{SX} и L_{SIP} , которые используются в формулах (2) – (5) были рассчитаны или заданы в предыдущем практическом занятии «Проектирование оборудования гибкого коммутатора (softswitch)», а именно:

- величина P_{SX} - интенсивность вызовов, поступающих на гибкий коммутатор;
- значение параметра L_{SIP} совпадает со значением параметра длина сообщений протоколов SIP/H.323 - L_{SH} .

6.3 Расчет нагрузки на запрашивающий функциональный элемент I-CSCF

Так же как и обслуживающий функциональный элемент S-CSCF, запрашивающий функциональный элемент I-CSCF участвует в соединениях, затрагивающих взаимодействие разнородных сетей. Так как рассматривается взаимодействие сетей ТфОП и IMS, а они являются разнородными, то, следовательно, запрашивающий функциональный элемент I-CSCF принимает участие в обслуживании вызовов. Помимо функций SIP-прокси, он взаимодействует с сервером домашних абонентов HSS и функцией определения местоположения SLF, получает от них информацию о местонахождении пользователя и об обслуживающем его элементе S-CSCF (рис. 4).

Как видно из диаграммы установления соединения (рис. 2) и рисунка 4, запрашивающий функциональный элемент I-CSCF взаимодействует с обслуживающим элементом S-CSCF, гибким коммутатором SS (Softswitch, MGCF), а так же с проксирующим функциональным элементом P-CSCF и сервером домашних абонентов HSS. При расчете будем учитывать взаимодействие только с первыми двумя компонентами, так как с сервером HSS взаимодействие происходит при помощи протокола DIAMETER, а расчет ведется только для обмена сообщениями по протоколу SIP. Что касается

взаимодействий с P-CSCF, не смотря на то, что обмен информацией с ним происходит при помощи сообщений протокола SIP, но трафик, создаваемый при этом обмене не будем учитывать в виду его незначительности (в смысле небольшого объема), а также довольно сложных расчетов.

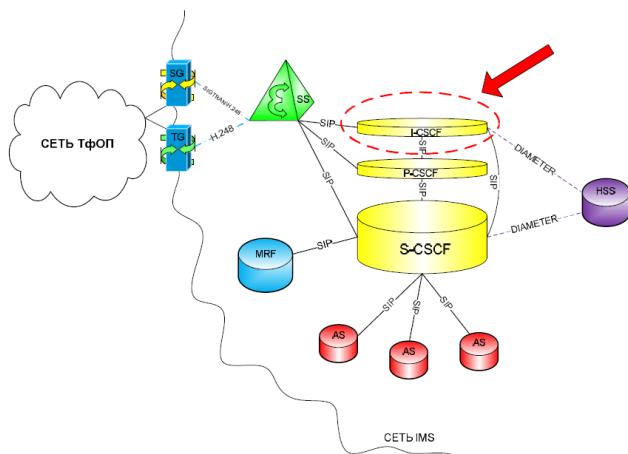


Рис. 4 - Источники нагрузки на функциональный элемент I-CSCF

При определении транспортного ресурса I-CSCF, необходимого для обслуживания вызовов, учитывается только обмен сообщениями SIP с SS и S-CSCF. Есть также взаимодействие с прокси-функцией P-CSCF, но его в расчетах не учитываем, также как не учитывается и взаимодействие с HSS с использованием протокола DIAMETER.

Исходными данными для расчетов транспортного ресурса функционального элемента I-CSCF являются:

1) Число SIP-сообщений при обслуживании одного вызова между следующими парами функциональных элементов архитектуры IMS:

- а) I-CSCF и S-CSCF - N_{SIP4} ;
- б) SS и I-CSCF - N_{SIP5} .

2) Средняя длина сообщений протокола SIP в байтах - L_{SIP} .

Введем следующие обозначения:

V_{I-CSCF} - общий транспортный ресурс I-CSCF, который требуется для обмена сообщениями протокола SIP во время обслуживания вызовов;

$V_{SS \leftrightarrow I-CSCF}$ - транспортный ресурс между SoftSwitch и I-CSCF, который требуется для обмена сообщениями протокола SIP во время обслуживания вызовов.

Тогда, общий транспортный ресурс I-CSCF будет равен

$$V_{I-CSCF} = V_{SS \leftrightarrow I-CSCF} + V_{I-CSCF \leftrightarrow S-CSCF}. \quad (6)$$

Значение $V_{I-CSCF \leftrightarrow S-CSCF}$ рассчитано ранее (см. формулу (5)), а значение $V_{SS \leftrightarrow I-CSCF}$ вычисляется по формуле:

$$V_{SS \leftrightarrow I-CSCF} = k_{sig} \times (L_{SIP} \times N_{SIP5} \times P_{SX}). \quad (7)$$

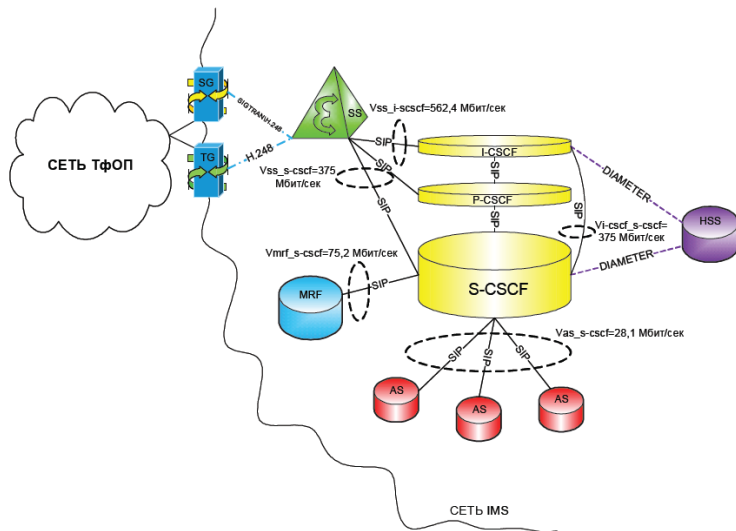


Рис. 5 - Пример расчета нагрузок на элементы S-CSCF и I-CSCF

СОДЕРЖАНИЕ

Занятие 1. Расчет характеристик интеллектуальной сети.....	2
Занятие 2. Расчет оборудования доступа сетей следующего поколения NGN.....	14
Занятие 3. Расчет оборудования гибкого коммутатора сетей NGN.....	25
Занятие 4. Построение сигнальных диаграмм соединений в сети NGN на базе протокола SIP.....	34
Занятие 5. Разработка схем взаимодействия традиционных телефонных сетей и сетей NGN	50
Занятие 6. Расчет сигнальной нагрузки протокола SIP в сети NGN на базе подсистемы IMS.....	61

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и
сетей»

для студентов направления подготовки

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль)

«Интеллектуальная обработка данных в инфокоммуникационных
системах и сетях»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ »	7
2 ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	16
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА	22
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ	39
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	48

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Решение этой задачи вряд ли возможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту. Для решения этой задачи в учебные планы всех специальностей включена самостоятельная работа, составляющая значительную часть учебного времени обучаемого.

В связи с этим, обучаемому из пассивного потребителя знаний необходимо превратиться в активного их творца, умеющего сформулировать проблему, проанализировать пути ее решения, найти оптимальный результат и доказать его правильность. Происходящая в настоящее время реформа высшего образования связана по своей сути с переходом парадигмы обучения к парадигме образования. В этом плане следует признать, что самостоятельная работа студентов является не просто важной формой образовательного процесса, а должна стать его основой. Это предполагает ориентацию на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей студентов, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей личности.

В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

Самостоятельная работа *в контакте с преподавателем* реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях, практических и семинарских занятиях, при выполнении лабораторных работ;
- вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Видами заданий для *внеаудиторной* самостоятельной работы могут быть:

1. Для овладения знаниями:

– чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы);

– составление плана текста;

– графическое изображение структуры текста;

– конспектирование текста;

– работа со словарями и справочниками;

– работа с нормативными документами;

– учебно-исследовательская работа;

– использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники,

Интернет и др.

2. Для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекции (обработка текста);

– повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей);

– составление плана и тезисов ответа;

– составление таблиц для систематизации учебного материала;

– изучение нормативных материалов;

– ответы на контрольные вопросы;

– аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект, анализ и др.);

– подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;

– подготовка рефератов, докладов;

– составление библиографии;

– тестирование и др.

3. Для формирования умений:

– решение задач и упражнений по образцу;

- решение вариантных задач и упражнений;
- решение ситуационных производственных (профессиональных) задач;
- подготовка к деловым играм;
- проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности;
- подготовка курсовых и дипломных работ (проектов);
- экспериментальная работа;
- рефлексивный анализ профессиональных умений, с использованием аудио- и видеотехники и др.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ»

Целью самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей» является формирование у обучающихся личностных качеств, а также набора профессиональных компетенций будущего бакалавра в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

Задачи самостоятельной работы:

- изучение основных способов построения и принципов функционирования волоконно-оптических систем связи;
- формирование у студентов умений, позволяющих самостоятельно проводить теоретический анализ процессов в современных волоконно-оптических системах связи;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании элементов волоконно-оптических систем связи.

В рабочей программе дисциплины «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей» определены следующие виды самостоятельной работы:

- подготовка к лабораторной работе;
- самостоятельное изучение литературы.

Целью вида самостоятельной работы «Подготовка к лабораторной работе» по дисциплине «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей» является закрепление студентами теоретического материала по специальности и выработка навыков

самостоятельной профессиональной и научно-исследовательской деятельности в области инфокоммуникационных систем и сетей.

Задачи вида самостоятельной работы «Подготовка к лабораторной работе» по дисциплине «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей» обусловлены необходимостью получения студентом знаний, умений, навыков согласно требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи, на основе которых формируются соответствующие результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1. Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи	ИД-1 ПК-1 понимает и ориентируется в принципах построения и работы сетей связи, в том числе их составляющих подсистем, и протоколов сигнализации, стандартах качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в сетях связи, в Законодательстве Российской Федерации в области связи.	Понимает и ориентируется в принципах построения и работы информационно-коммуникационных сетей, в том числе их составляющих подсистем, и протоколов сигнализации, стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемые в информационно-коммуникационных сетях, в Законодательстве Российской Федерации в области связи.
	ИД-2 ПК-1 анализирует статистические параметры трафика, вырабатывает решения по оперативному переконфигурированию сети, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых платформ, по применению оборудования новых технологий; изменению и корректировке параметров коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи данных, по организации новых и расширению имеющихся направлений связи.	Анализирует статистические параметры трафика, вырабатывает решения по оперативному переконфигурированию информационно-коммуникационной сети, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых платформ, по применению оборудования новых технологий; изменяет и корректирует параметры коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи данных, по организации новых и расширению имеющихся

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
		направлений связи.
	ИД-3 ПК-1. анализирует статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных, разрабатывает мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполняет расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций.	Выполняет расчет пропускной способности информационно-коммуникационных сетей.
	ИД-4 ПК-1 разрабатывает схемы организации связи и интеграции новых сетевых элементов, осуществляет построение и расширение коммутационной подсистемы и сетевых платформ; выполняет работы на коммутационном оборудовании, развертывает оборудование сервисных платформ, оборудование новых технологий на сети, выполняет планы по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий.	Использует методы разработки схем организации связи и интеграции новых сетевых элементов, построения и расширения коммутационной подсистемы и сетевых платформ; использует методы работы на коммутационном оборудовании, развертыванию оборудования сервисных платформ, оборудования новых технологий на информационно-коммуникационной сети, выполнению планов по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий.
ПК-3. Способен проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	ИД-1 ПК-3 понимает нормативно-правовые, нормативно-технические и организационно-методические документы, регламентирующие проектную подготовку, внедрение и эксплуатацию систем связи (телекоммуникационных систем), строительство объектов и линий связи.	Понимает содержание нормативно-правовых, нормативно-технических и организационно-методических документов, регламентирующих проектную подготовку, внедрение и эксплуатацию информационно-коммуникационных систем, строительство объектов и линий связи.
	ИД-2 ПК-3 оперирует технологиями, используемыми на транспортной сети, современными требованиями по производительности, доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости систем связи (телекоммуникаций); принципами планирования емкости сетей радиодоступа.	Оперирует технологиями, используемыми на транспортной сети, современными требованиями по производительности, доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости информационно-коммуникационных систем.
	ИД-3 ПК-3 проводит расчеты параметров и характеристик сети и средств инфокоммуникаций,	Проводит расчеты параметров и характеристик информационно-коммуникационной сети и

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
	анализирует их качественные показатели на основе данных статистики и радиоизмерений, использует специализированное программное обеспечение для проектирования.	средств инфокоммуникаций, использует специализированное программное обеспечение для проектирования.
	ИД-4 ПК-3 выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивает риски, связанные с реализацией проекта.	Выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений информационно-коммуникационных систем и сетей, оценивает риски, связанные с реализацией проекта.
ПК-4. Способен осуществлять подготовку типовых технических проектов и первичный контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации на различные инфокоммуникационные объекты национальным и международным стандартам и техническим регламентам	ИД-1 ПК-4 соблюдает принципы системного подхода в проектировании систем связи (телекоммуникаций), средств инфокоммуникаций и их компонентов, требования к разработке технической документации.	Соблюдает принципы системного подхода в проектировании информационно-коммуникационных систем, средств инфокоммуникаций и их компонентов, требования к разработке технической документации.
	ИД-2 ПК-4 понимает и ориентируется в принципах построения и работы средств инфокоммуникаций и их компонентов, современные технические решения по реализации систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, используемое программное обеспечение.	Понимает и ориентируется в принципах построения и работы средств инфокоммуникаций и их компонентов, современных технических решениях по реализации информационно-коммуникационных систем и их компонентов, используемом программном обеспечении.
	ИД-3 ПК-4 разрабатывает проектную документацию в соответствии со стандартами и техническими регламентами; разрабатывает и представляет презентационные материалы по проекту.	Разрабатывает проектную документацию по информационно-коммуникационным системам и сетям в соответствии со стандартами и техническими регламентами; разрабатывает и представляет презентационные материалы по проекту.
	ИД-4 ПК-4 осуществляет разработку технических решений при создании системы связи (телекоммуникационной системы) и ее компонентам; подготовку схемы организации связи, плана размещения оборудования, схемы прохождения и других необходимых документов; оценку затрат по созданию (модернизации) системы связи (телекоммуникационной системы).	Осуществляет разработку технических решений при создании информационно-коммуникационных систем и их компонентов; использует методы подготовки схемы организации связи, плана размещения оборудования, схемы прохождения и других необходимых документов; использует методы оценки

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
		затрат по созданию (модернизации) информационно-коммуникационной системы.
ПК-7. Способен к администрированию средств обеспечения безопасности удаленного доступа (операционных систем и специализированных протоколов)	ИД-2 ПК-7 понимает общие принципы функционирования и архитектуру аппаратных, программных и программно-аппаратных средств администрируемой сети; протоколы канального, сетевого, транспортного и прикладного уровней модели взаимодействия открытых систем.	Понимает общие принципы функционирования и архитектуру аппаратных, программных и программно-аппаратных средств администрируемой информационно-коммуникационной сети; оценивает протоколы канального, сетевого, транспортного и прикладного уровней модели взаимодействия открытых систем.
	ИД-4 ПК-7 подключает и настраивает современные средства обеспечения безопасности удаленного доступа (операционных систем и специализированных протоколов); работает с контрольно-измерительными аппаратными и программными средствами.	Работает с контрольно-измерительными аппаратными и программными средствами.

Целью вида самостоятельной работы «Самостоятельное изучение литературы» по дисциплине «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей» является расширение и закрепление знаний, приобретаемых студентом на традиционных формах занятий и выработка навыков самостоятельной работы с литературой и источниками.

Задачи вида самостоятельной работы «Самостоятельное изучение литературы» по дисциплине «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей» обусловлены необходимостью получения студентом знаний, умений, навыков согласно требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи, на основе которых формируются соответствующие результаты обучения по дисциплине (модулю),

соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1. Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи	ИД-1 ПК-1 понимает и ориентируется в принципах построения и работы сетей связи, в том числе их составляющих подсистем, и протоколов сигнализации, стандартах качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в сетях связи, в Законодательстве Российской Федерации в области связи.	Понимает и ориентируется в принципах построения и работы информационно-коммуникационных сетей, в том числе их составляющих подсистем, и протоколов сигнализации, стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемые в информационно-коммуникационных сетях, в Законодательстве Российской Федерации в области связи.
	ИД-2 ПК-1 анализирует статистические параметры трафика, вырабатывает решения по оперативному переконfigurированию сети, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых платформ, по применению оборудования новых технологий; изменению и корректировке параметров коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи данных, по организации новых и расширению имеющихся направлений связи.	Анализирует статистические параметры трафика, вырабатывает решения по оперативному переконfigurированию информационно-коммуникационной сети, изменению параметров коммутационной подсистемы, сетевых платформ, по применению оборудования новых технологий; изменяет и корректирует параметры коммутационной подсистемы, транспортных сетей и сетей передачи данных, по организации новых и расширению имеющихся направлений связи.
	ИД-3 ПК-1. анализирует статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных, разрабатывает мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполняет расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций.	Выполняет расчет пропускной способности информационно-коммуникационных сетей.
	ИД-4 ПК-1 разрабатывает схемы организации связи и интеграции новых сетевых элементов, осуществляет построение и расширение коммутационной подсистемы и сетевых платформ; выполняет работы на коммутационном оборудовании, развертывает оборудование сервисных	Использует методы разработки схем организации связи и интеграции новых сетевых элементов, построения и расширения коммутационной подсистемы и сетевых платформ; использует методы работы на коммутационном оборудовании,

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
	платформ, оборудование новых технологий на сети, выполняет планы по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий.	развертыванию оборудования сервисных платформ, оборудования новых технологий на информационно-коммуникационной сети, выполнению планов по расширению существующего оборудования сетевых платформ и новых технологий.
ПК-3. Способен проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	ИД-1 ПК-3 понимает нормативно-правовые, нормативно-технические и организационно-методические документы, регламентирующие проектную подготовку, внедрение и эксплуатацию систем связи (телекоммуникационных систем), строительство объектов и линий связи.	Понимает содержание нормативно-правовых, нормативно-технических и организационно-методических документов, регламентирующих проектную подготовку, внедрение и эксплуатацию информационно-коммуникационных систем, строительство объектов и линий связи.
	ИД-2 ПК-3 оперирует технологиями, используемыми на транспортной сети, современными требованиями по производительности, доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости систем связи (телекоммуникаций); принципами планирования емкости сетей радиодоступа.	Оперирует технологиями, используемыми на транспортной сети, современными требованиями по производительности, доступности, безопасности, масштабируемости, интеграции технологий, управляемости информационно-коммуникационных систем.
	ИД-3 ПК-3 проводит расчеты параметров и характеристик сети и средств инфокоммуникаций, анализирует их качественные показатели на основе данных статистики и радиоизмерений, использует специализированное программное обеспечение для проектирования.	Проводит расчеты параметров и характеристик информационно-коммуникационной сети и средств инфокоммуникаций, использует специализированное программное обеспечение для проектирования.
	ИД-4 ПК-3 выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений, оценивает риски, связанные с реализацией проекта.	Выявляет и анализирует преимущества и недостатки вариантов проектных решений информационно-коммуникационных систем и сетей, оценивает риски, связанные с реализацией проекта.
ПК-4. Способен осуществлять подготовку типовых технических проектов	ИД-1 ПК-4 соблюдает принципы системного подхода в проектировании систем связи (телекоммуникаций), средств инфокоммуникаций и их	Соблюдает принципы системного подхода в проектировании информационно-коммуникационных систем,

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
и первичный контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации на различные инфокоммуникационные объекты национальным и международным стандартам и техническим регламентам	компонентов, требования к разработке технической документации.	средств инфокоммуникаций и их компонентов, требования к разработке технической документации.
	ИД-2 ПК-4 понимает и ориентируется в принципах построения и работы средств инфокоммуникаций и их компонентов, современные технические решения по реализации систем связи (телекоммуникационных систем) и ее компонентов, используемое программное обеспечение.	Понимает и ориентируется в принципах построения и работы средств инфокоммуникаций и их компонентов, современных технических решениях по реализации информационно-коммуникационных систем и их компонентов, используемом программном обеспечении.
	ИД-3 ПК-4 разрабатывает проектную документацию в соответствии со стандартами и техническими регламентами; разрабатывает и представляет презентационные материалы по проекту.	Разрабатывает проектную документацию по информационно-коммуникационным системам и сетям в соответствии со стандартами и техническими регламентами; разрабатывает и представляет презентационные материалы по проекту.
	ИД-4 ПК-4 осуществляет разработку технических решений при создании системы связи (телекоммуникационной системы) и ее компонентам; подготовку схемы организации связи, плана размещения оборудования, схемы прохождения и других необходимых документов; оценку затрат по созданию (модернизации) системы связи (телекоммуникационной системы).	Осуществляет разработку технических решений при создании информационно-коммуникационных систем и их компонентов; использует методы подготовки схемы организации связи, плана размещения оборудования, схемы прохождения и других необходимых документов; использует методы оценки затрат по созданию (модернизации) информационно-коммуникационной системы.
ПК-7. Способен к администрированию средств обеспечения безопасности удаленного доступа (операционных систем и специализированных протоколов)	ИД-2 ПК-7 понимает общие принципы функционирования и архитектуру аппаратных, программных и программно-аппаратных средств администрируемой сети; протоколы канального, сетевого, транспортного и прикладного уровней модели взаимодействия открытых систем.	Понимает общие принципы функционирования и архитектуру аппаратных, программных и программно-аппаратных средств администрируемой информационно-коммуникационной сети; оценивает протоколы канального, сетевого, транспортного и прикладного уровней модели взаимодействия

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
		открытых систем.
	ИД-4 ПК-7 подключает и настраивает современные средства обеспечения безопасности удаленного доступа (операционных систем и специализированных протоколов); работает с контрольно-измерительными аппаратными и программными средствами.	Работает с контрольно-измерительными аппаратными и программными средствами.

2 ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, взаимосвязь тем лекций с лабораторными занятиями, темы и виды самостоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности.

Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

№	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	очно-заочная форма				Формы текущего контроля успеваемости
			Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
7 семестр							
1	Принципы построения волоконно-оптических сетей передачи данных. Современная оптическая связь, состояние и перспективы. Основы технологии DWDM-систем. Типы волоконно-оптических линий связи. Классификация оптических кабелей связи. Лабораторная работа № 1. Основы моделирования цифровых трактов.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		2	12	Собеседование
2	Проектирование волоконно-оптических линий связи. Этапы строительства волоконно-	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1	2		2	12	Собеседование

	оптической линии связи. Участники процесса проектирования и их роли. Техническое задание на проектирование. Стадии проектирования. Лабораторная работа № 2. Измерение чувствительности приемного оптического модуля.	ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7					
3	Состав и оформление проекта строительства волоконно-оптической линии связи. Оформление проектной документации. Оформление рабочей документации. Проект организации строительства. Условные обозначения, применяемые для проектов волоконно-оптических сетей связи. Программное обеспечение для решения задач проектирования.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		—	12	Собеседование
4	Организация строительства волоконно-оптической линии связи. Планирование работ. Допуск к работам по строительству. Производство строительно-монтажных работ. Контроль сроков и качества выполняемых работ. Приемо-сдаточные измерения. Лабораторная работа № 3. Исследование искажений импульсов в оптическом тракте. Лабораторная работа № 4. Оценка и проверка бюджета мощности системы.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		6	12	Собеседование
5	Технологии строительства подземных волоконно-оптических линий связи. Прокладка оптических кабелей непосредственно в грунт. Прокладка оптического кабеля в отрытую траншею. Прокладка оптического кабеля в кабельную канализацию. Прокладка оптических кабелей в	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4	2		4	12	Собеседование

	защитных пластмассовых трубах. Прокладка защитных пластмассовых труб. Технологии прокладки оптического кабеля в защитных пластмассовых трубах. Организация переходов через различные преграды. Лабораторная работа № 5. Компенсация дисперсии.	ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7					
6	Технологии подвески кабелей при строительстве волоконно-оптических линий связи. Подвеска волоконно-оптического кабеля типа 8-ки. Волоконно-оптический кабель в грозозащитном тросе. Подвеска самонесущего волоконно-оптического кабеля на ЛЭП. Особенности подвески самонесущего волоконно-оптического кабеля на опоры контактной сети электрифицированных железных дорог. Навивная технология строительства волоконно-оптических линий связи. Выбор технологии строительства волоконно-оптических линий связи, подвешиваемых на опорах воздушных линий.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	4		—	24	Собеседование
7	Монтаж волоконно-оптических кабелей. Разделка волоконно-оптического кабеля и требования к неразъемным соединениям оптического волокна. Сварка оптического волокна. Механическое соединение оптических волокон. Муфты для монтажа оптических кабелей. Приемо-сдаточные испытания волоконно-оптических линий связи. Лабораторная работа № 6. Изучение принципов построения оптических усилителей.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		2	12	Собеседование
8	Измерения параметров волоконно-оптической линии связи.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1	2		2	12	Собеседование

	Типы измерений волоконно-оптической линии связи. Измерения прямых потерь оптической линии связи. Методика определения неоднородностей оптической линии. Основные технические характеристики оптического рефлектометра. Методика проведения измерений волоконно-оптической линии связи. Трассомаркирующие системы. Практические аспекты тестирования волоконно-оптической линии связи. Лабораторная работа № 7. Измерение вносимых потерь на стыках строительных длин оптических кабелей.	ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7					
	ИТОГО за 7 семестр		18		18	108	
8 семестр							
9	Основные положения сетей следующего поколения Понятие сети следующего поколения. Особенности функционирования сетей NGN. Варианты архитектур сетей NGN. Перспективы внедрения сетей NGN. Проблемы практического построения сетей NGN. Лабораторная работа № 1. Расчет характеристик интеллектуальной сети.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		4	8	Собеседование
10	Архитектура сетей NGN Организации по стандартизации NGN. Общие принципы архитектуры NGN. Архитектура NGN, предлагаемая ITU-T. Архитектура NGN, предлагаемая 3GPP. Архитектура NGN, предлагаемая TISPAN ETSI. Сравнение основных подходов к построению сетей NGN. Лабораторная работа № 2. Расчет	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		8	8	Собеседование

	оборудования доступа сетей следующего поколения NGN. Лабораторная работа № 3. Расчет оборудования гибкого коммутатора сетей NGN.						
11	Транспортные сети NGN Особенности транспортных сетей NGN. Технологии существующих транспортных сетей. Модернизация транспортных сетей при переходе к сетям NGN. Лабораторная работа № 4. Построение сигнальных диаграмм соединений в сети NGN на базе протокола SIP.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		4	8	Собеседование
12	Сети доступа NGN Современное состояние и перспективы развития сетей доступа. Эволюция сетей доступа при переходе к сетям NGN. Классификация технологий доступа. Модернизация сетей доступа при переходе к сетям NGN. Структура перспективной сети доступа. Миграция сети доступа при переходе к сетям NGN. Требования к перспективному оборудованию сетей доступа. Лабораторная работа № 5. Разработка схем взаимодействия традиционных телефонных сетей и сетей NGN.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		4	8	Собеседование
13	Системы управления вызовами в сетях NGN Особенности построения существующих и перспективных систем управления вызовами. Система управления NGN на базе гибкого коммутатора. Система управления NGN на базе подсистемы IMS. Протоколы управления сетями NGN. Модернизация систем управления вызовами при переходе к сетям NGN. Требования к перспективным	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	4		4	16	Собеседование

	системам управления вызовами в сетях NGN. Лабораторная работа № 6. Расчет сигнальной нагрузки протокола SIP в сети NGN на базе подсистемы IMS.						
14	Платформы услуг и приложений NGN Методы предоставления услуг связи с добавленной стоимостью. Общая архитектура платформы услуг в NGN. Управление качеством услуг в NGN. Управление вызовами/сеансами связи в NGN. Плоскость менеджмента услуг в NGN. Техническое обслуживание и эксплуатация сетей NGN. Платформы приложений поставщиков услуг в сетях NGN. Механизмы поддержки персональной мобильности.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		—	8	Собеседование
15	Услуги сетей следующего поколения Современное состояние и перспективы развития услуг сетей связи. Услуги следующего поколения NGS. Конвергенция современных услуг связи и услуг следующего поколения. Эволюция услуг связи. Предоставление услуг следующего поколения на базе различных технологий.	ИД-1 ПК-1 ИД-2 ПК-1 ИД-3 ПК-1 ИД-4 ПК-1 ИД-1 ПК-3 ИД-2 ПК-3 ИД-3 ПК-3 ИД-4 ПК-3 ИД-1 ПК-4 ИД-2 ПК-4 ИД-3 ПК-4 ИД-4 ПК-4 ИД-2 ПК-7 ИД-4 ПК-7	2		—	12	Собеседование
	ИТОГО за 8 семестр		16		24	68	
	ИТОГО		34		42	176	

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

При работе с рекомендованной литературой и источниками студенту необходимо, в первую очередь, обратить внимание на следующие моменты:

1. Внимательно изучить материалы, характеризующие курс и тематику самостоятельного изучения, что изложено в учебно-методическом комплексе по дисциплине. Это позволит четко представить как круг, изучаемых тем, так и глубину их постижения.

2. Составить подборку литературы, достаточную для изучения предлагаемых тем. В учебно-методическом комплексе или методических рекомендациях обязательно представлены основной и дополнительный списки литературы, доступные для студентов. Они носят рекомендательный характер, это означает, что всегда есть литература, которая может не входить в данный список, но является необходимой для освоения темы. При этом следует иметь в виду, что нужна литература различных видов:

- учебники, учебные и учебно-методические пособия;
- монографии, сборники научных статей, публикации в журналах;
- справочная литература – энциклопедии, словари, тематические, терминологические справочники;

3. Обучаемый должен совершать собственные интеллектуальные усилия, а не только механически заучивать понятия и положения.

Вопросы для собеседования по вопросам темы выносимой на самостоятельное изучение

Тема 1. Принципы построения волоконно-оптических сетей передачи данных

1. Какое основное требование предъявляется к волоконно-оптическим сетям связи?
2. Какими параметрами характеризуются магистральные линии?

3. Охарактеризуйте основные особенности поколений ВОЛС.
4. Область применения стандартных одномодовых ОВ?
5. Какие причины вызывают потери в ОВ?
6. Охарактеризуйте основные различия между оптоэлектронным регенератором и оптическим усилителем.
7. Охарактеризуйте наиболее часто применяемые форматы модуляции применяемые в ВОЛС.
8. Чем определяется емкость DWDM-системы?
9. Какую роль играют транспондеры?
10. Какую роль играют оптические мультиплексоры?
11. Какие элементы включает оптический усилитель?
12. Как проявляется дисперсия ОВ?

Тема 2. Проектирование волоконно-оптических линий связи

1. Назовите существенные отличия технологий строительства ВОЛС по сравнению с созданием традиционных линий связи на основе металлических кабелей.
2. Перечислите этапы строительства ВОЛС.
3. Какие варианты прокладки волоконно-оптических кабелей применяются наиболее часто?
4. Какие преимущества дает способ подвески волоконно-оптического кабеля при строительстве магистральных линий связи?
5. Охарактеризуйте процентное соотношение этапов строительного инвестиционного цикла по временным и финансовым затратам.
6. Перечислите основных участников процесса проектирования сооружений связи. Опишите схему их взаимодействия.
7. Дайте определение технического задания на проектирование сооружений связи.

Тема 3. Состав и оформление проекта строительства волоконно-оптической линии связи

1. Какую гарнитуру шрифта рекомендуется использовать при оформлении текстовых частей разделов проектной документации?
2. Дайте определение проектной документации в соответствии с ГОСТ Р 1001-2009.
3. Перечислите основные тома проектной документации в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
4. Какие книги включает том 5 проектной документации «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений»?
5. Назовите состав пояснительной записки определенный в Постановлении Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
6. Какие разделы присутствуют в пояснительной записке входящей в состав проектной документации?
7. Перечислите расчеты, выполняемые в процессе разработки документации на строительство объекта связи.
8. Какие документы включаются в раздел «Исходно-разрешительная документация»?
9. Какие основные комплекты рабочих чертежей по линейным сооружениям (марка ЛГ) при строительстве волоконно-оптических сетей доступа разрабатываются в соответствии с ГОСТ Р 21.1703-2000?
10. Какие основные комплекты рабочих чертежей по станционным сооружениям (марка СГ) при строительстве волоконно-оптических сетей доступа разрабатываются в соответствии с ГОСТ Р 21.1703-2000?
11. Что должно быть указано на плане расположения оборудования в соответствии с ГОСТ Р 21.1703-2000?

Тема 4. Организация строительства волоконно-оптической линии связи

1. Прокомментируйте особенности составления план-графика при проведении планирования строительства.
2. Какие исходные данные необходимы для планирования работ при строительстве ВОЛС?
3. Назовите особенности организации иерархической структуры работ.
4. Каким образом можно определить трудоемкость для каждой задачи на основе объемов работ, указанных в рабочей документации?
5. Какой стандартный перечень документов необходим для начала строительства?
6. На решение каких основных задач направлена разработка проекта производства работ?
7. В каких случаях проект производства работ разрабатывается в полном объеме?
8. Что включает в себя проект производства работ в полном объеме?
9. Что включает в себя проект производства работ в неполном объеме?
10. В каких случаях оформляется и какую информацию содержит Акт-допуск?
11. Назовите основные обязанности ответственного за производство строительно-монтажных работ.
12. Назовите основные обязанности лица осуществляющего строительство в рамках проводимого строительного контроля.
13. Что проверяется при входном контроле проектной документации на строительство?
14. Какие шаги в соответствии с законодательством можно осуществить, в случае если материалы, изделия или оборудование по результатам входного контроля признаны несоответствующими установленным требованиям?

Тема 5. Технологии строительства подземных волоконно-оптических линий связи

1. Назовите способы прокладки волоконно-оптического кабеля в грунт и условия для их выполнения.
2. Какие основные действия необходимо выполнить при прокладке прокладки волоконно-оптического кабеля в грунт с помощью ножевых кабелеукладчиков?
3. Перечислите состав оборудования ножевого кабелеукладочного комплекса на примере кабелеукладчика Lancier KV15.
4. Назовите плюсы и минусы метода прокладки оптического кабеля в отрытую траншею.
5. Перечислите факторы, оказывающие основное влияние на нарастание тягового усилия при прокладке оптического кабеля в кабельную канализацию.
6. Назовите способы прокладки ВОК в кабельную канализацию при большой строительной длине вводимого кабеля.
7. Для чего применяется устройство для заготовки канала при прокладке оптического кабеля в телефонную канализацию?
8. Назовите особенности применения кабельного наконечника и кабельного чулка при затяжке оптического кабеля в кабелепровод.
9. Какие основные устройства и приспособления применяются для прокладки волоконно-оптического кабеля в канализации?
10. Какие факторы должны быть учтены при прокладке волоконно-оптического кабеля в канализации?
11. Перечислите преимущества использования защитных пластмассовых труб для строительства ВОЛС по сравнению с другими способами прокладки кабеля.
12. Назовите этапы строительства ВОЛС с использованием защитных пластмассовых труб.

13. Перечислите достоинства технологии прокладки волоконно-оптического кабеля в предварительно проложенную защитную пластмассовую трубу.

14. Какие схемы ручной прокладки оптического кабеля в защитную пластмассовую трубу существуют в зависимости от типа кабеля и конфигурации трассы?

15. Какие факторы оказывают основное влияние на тяговое усилие затяжки при прокладке ВОК с применением ручных лебедок?

Тема 6. Технологии подвески кабелей при строительстве волоконно-оптических линий связи

1. Назовите основные технологии подвески волоконно-оптического кабеля.

2. Какие преимущества имеет технология подвешивания ВОЛС на опорах воздушных линий электропередачи высокого напряжения по сравнению с прокладкой волоконно-оптического кабеля в грунт?

3. Перечислите недостатки подвески волоконно-оптического кабеля типа 8-ки на опорах воздушных линий электропередачи высокого напряжения.

4. Прокомментируйте особенности реализации технологии подвески оптического кабеля встроенного в грозозащитный трос.

5. Прокомментируйте особенности использования трос-лидера и раскаточных роликов при реализации технологии подвески самонесущего волоконно-оптического кабеля на опорах высоковольтных ЛЭП.

6. Прокомментируйте особенности использования натяжных и поддерживающих зажимов при реализации технологии подвески самонесущего волоконно-оптического кабеля на опорах высоковольтных ЛЭП.

7. Какие особенности подвески самонесущего волоконно-оптического кабеля на опоры контактной сети электрифицированной железной дороги существуют при работе «с пути» и «с поля»?

8. Назовите перечень работ необходимых для функционирования ВОЛС и выполняющихся после подвески волоконно-оптического кабеля на опорах контактной сети электрифицированной железной дороги.

9. Назовите особенности навивной технологии строительства волоконно-оптических линий связи.

10. Прокомментируйте особенности использования подвесных соединительных муфт и сводных изоляторов при реализации навивной технологии строительства волоконно-оптических линий связи.

Тема 7. Монтаж волоконно-оптических кабелей

1. Для каких операций используются соединительные муфты?

2. Какие операции включает в себя процесс разделки волоконно-оптического кабеля и подготовки оптического волокна к сращиванию?

3. Назовите особенности применения стриппера.

4. Назовите особенности применения прецизионного скалывателя.

5. В каких случаях используются механические скалыватели?

6. Какие операции производят для сварки оптоволокна?

7. Назовите конструктивные особенности и принципы использования гильзы КДЗС.

8. В чем разница технологии юстировки по оболочке волокна от юстировки ОВ по сердцевине?

9. В каких случаях используют метод быстрого соединения оптических волокон с применением механических соединителей?

10. Назовите особенности конструкции механических соединителей оптических волокон типа Fibrlock фирмы 3M.

11. Какой способ применяется в механических соединителях волокна типа Fibrlock для снижения вносимых оптических потерь из-за воздушного зазора на стыке ОВ?

12. Назовите разницу в использовании механических соединителей оптических волокон типа Fibrlock и Corelink.

13. С помощью каких средств обеспечивается холодный способ герметизации наружных частей муфт?

14. Назовите конструктивные особенности реализации проходных и тупиковых муфт.

15. Как классифицируются муфты по типу сращиваемого кабеля и месту эксплуатации?

16. Из каких элементов состоит муфта оптическая городская МОГ-С?

17. Назовите модификации муфт оптических тупиковых типа МТОК.

18. Из каких элементов состоит магистральная оптическая муфта МТОК-В2?

Тема 8. Основные положения сетей следующего поколения

1. Какие параметры оптоволокну измеряют для определения возможности передачи информации и количественной оценки этой возможности?

2. Какие параметры необходимо определять при строительстве и эксплуатации высокоскоростных линий передачи, линий большой протяженности и систем с волновым мультиплексированием DWDM оптоволокну?

3. Дайте определение источника оптического излучения используемого при измерении затухания оптической линии связи.

4. Дайте определение измерителя оптической мощности используемого при измерении затухания оптической линии связи.

5. Дайте определение переменного оптического аттенюатора используемого при измерении затухания оптической линии связи.

6. Какие существуют способы измерения коэффициента затухания волокна?

7. На каких двух феноменах прохождения световых импульсов по оптическому волокну базируется рефлектометрия?

8. Назовите основные метрологические характеристики рефлектометров.

9. Охарактеризуйте методы определения динамического диапазона рефлектометра.

10. Назовите разницу между методами определения мертвой зоны по затуханию и по событию.

11. От каких параметров зависит точность определения расстояния при применении рефлектометра?

Тема 9. Основные положения сетей следующего поколения

1. Назовите предпосылки возникновения и основные особенности сетей следующего поколения – NGN (Next Generation Networks).

2. Какие особенности реализации архитектуры и услуг NGN можно определить с позиции сетей передачи данных, сетей мобильной связи и традиционной телефонии?

3. Какие основные характеристики определены для сетей следующего поколения в документах Сектора стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи (ITU-T, МСЭ-T)?

4. Охарактеризуйте основные особенности реализации сетей следующего поколения.

5. Перечислите тенденции развития сетей следующего поколения.

6. Назовите основные функции медиашлюзов – Media Gateway (MG) и контроллеров медиашлюзов – Media Gateway Controller (MGC).

7. Какие особенности реализации NGN можно выделить с точки зрения управления?

Тема 10. Архитектура сетей NGN

1. Какие международные организации занимаются стандартизацией NGN? Назовите соответствующие проекты.

2. Перечислите отраслевые НИИ, которые ведут работы по созданию в РФ нормативно-правовой базы для NGN. Назовите существующие нормативные документы.

3. Назовите основные уровни архитектуры сетей следующего поколения согласно Рекомендации МСЭ-T Y.2011.

4. Прокомментируйте принципы разделения на два функциональных уровня в архитектуре сетей следующего поколения, предлагаемой ITU-T.
5. Охарактеризуйте основные свойства архитектуры сетей следующего поколения, предлагаемой 3GPP.
6. Назовите требования к архитектуре сетей следующего поколения, предлагаемой 3GPP.
7. Какие функции выполняет узел обслуживания абонентов GPRS – Serving GPRS Support Node (SGSN)?

Тема 11. Транспортные сети NGN

1. Какие технологии передачи могут использоваться в качестве транспортных при построении сетей NGN?
2. Прокомментируйте функции реализуемые уровнями в упрощенной модели звена транспортной сети NGN.
3. Какие технологии являются базовыми для транспортной сети NGN?
4. Охарактеризуйте состав структурной схемы транспортной сети NGN.
5. Назовите возможные варианты сочетаний магистральных транспортных технологий для реализации сети NGN.
6. Перечислите основные преимущества технологии SDH в качестве транспортной технологии при реализации сети NGN.
7. Назовите основные недостатки технологии SDH в качестве транспортной технологии при реализации сети NGN.
8. Перечислите основные преимущества технологии ATM в качестве транспортной технологии при реализации сети NGN.
9. Назовите основные недостатки технологии ATM в качестве транспортной технологии при реализации сети NGN.
10. Перечислите основные преимущества технологии RPR/DPT в качестве транспортной технологии при реализации сети NGN.
11. Назовите основные недостатки технологии RPR/DPT в качестве транспортной технологии при реализации сети NGN.

12. Перечислите особенности применения технологии Gigabit Ethernet в качестве транспортной технологии при реализации сети NGN.

13. Охарактеризуйте особенности применения технологии xWDM в качестве транспортной технологии при реализации сети NGN.

14. Охарактеризуйте варианты применения технологии PON в качестве транспортной технологии при реализации сети NGN.

15. Какие возможности дает концепция транспортной среды NGN при модернизации транспортных сетей?

Тема 12. Сети доступа NGN

1. Какие технологии сетей доступа вы знаете?

2. Перечислите тенденции развития современных технологий сетей доступа.

3. Охарактеризуйте основные элементы структурной схемы сети доступа на ГТС.

4. Назовите основные элементы структурной схемы сети доступа на СТС.

5. Охарактеризуйте наиболее актуальные на настоящий момент технологические решения для сетей доступа.

6. Назовите основные требования, предъявляемые к разрабатываемой, перспективной сети доступа.

7. Какие проводные и беспроводные технологии могут быть использованы при реализации телекоммуникационной инфраструктуры на базе ресурсов сетей доступа NGN?

8. Приведите возможные подходы при классификации технологий доступа по используемой среде.

9. Какие варианты проведения модернизации сетей доступа возможны при переходе к сетям NGN?

Тема 13. Системы управления вызовами в сетях NGN

8. Прокомментируйте отличия в структурной схеме системы управления вызовами от системы, применяемой в сети NGN.

9. Какие преимущества имеет архитектура управления вызовами в сети NGN в отличие от классической системы управления?

10. Какие функциональные плоскости выделены в модели архитектуры гибких коммутаторов?

11. Охарактеризуйте функции устройств входящих в состав транспортной плоскости модели архитектуры гибких коммутаторов.

12. Какие функции выполняет функциональный объект MCG-F эталонной архитектуры гибкого коммутатора?

13. Какие функции выполняет функциональный объект R-F/A-F эталонной архитектуры гибкого коммутатора?

14. Какие функции выполняет функциональный объект AS-F эталонной архитектуры гибкого коммутатора?

15. Какие функции выполняет функциональный объект MG-F эталонной архитектуры гибкого коммутатора?

16. Перечислите модули контроллера транспортных шлюзов в эталонной архитектуре ISC.

17. Охарактеризуйте интерфейсы, входящие в состав Parlay API.

18. Назовите требования к гибкому коммутатору для применения в ТфОП.

19. Какие уровни выделены в сервисной архитектуре подсистемы IMS?

20. Назовите протоколы, используемые для взаимодействия гибких коммутаторов.

21. Какое функциональное назначение имеют протоколы управления вызовами сети NGN?

Тема 14. Платформы услуг и приложений NGN

1. Какие услуги в сетях NGN можно причислить к дополнительным сервисам?

2. Какие функции выполняют элементы архитектуры платформы услуг NGS?

3. Охарактеризуйте место открытых интерфейсов в архитектуре NGN.

4. Перечислите требования, которыми должна отвечать сеть оператора с позиций управления услугами сети NGN.
5. Какие правила существуют при предоставлении услуг NGN?
6. Охарактеризуйте показатель оценки вклада провайдера услуги в формирование QoS.
7. Охарактеризуйте показатели оценки вклада оператора сети в формирование QoS.
8. Охарактеризуйте показатель качества взаимоотношений абонента с оператором связи в соответствии с рекомендацией МСЭ-Т G.1000 при оценке качества обслуживания.
9. В чем состоит особенность обобщенной модели обеспечения QoS в сети NGN?
10. Какие возможности для управления качеством услуг и уровнем обслуживания клиентов должна предоставлять система «сквозного» контроля качества услуг NGN?
11. Какую роль играют элементы системы поддержки эксплуатации сетей связи OSS?
12. Выполнение, каких функций должны обеспечивать системы управления сетями NGN?
13. Какие основные функции техэксплуатации включает жизненный цикл услуг и бизнес-процессов?
14. Назовите подсистемы входящие в состав архитектура системы управления сетью NGN.
15. Какие функции выполняет платформа формирования услуг?
16. Назовите шаги, выполняемые при работе платформы формирования услуг.
17. Проведите декомпозицию требований к платформе формирования услуг по уровням модели услуг NGN.
18. Какие преимущества дает платформа формирования услуг оператору сети NGN?

19. Назовите основные типы мобильности в сетях NGN.
20. Какие идентификаторы используются при реализации в сети NGN услуг мобильности пользователя?
21. Какие идентификаторы используются при реализации в сети NGN услуг мобильности терминала?

Тема 15. Услуги сетей следующего поколения

1. Прокомментируйте разницу между услугой связи и сервисом сети (службой сети).
2. Приведите примеры базовых услуг связи, предоставляемых в России.
3. Какие факторы влияют на современный рынок услуг связи?
4. Приведите примеры новых направлений дополнительных видов обслуживания.
5. Назовите основные тенденции развития современного рынка услуг связи в России.
6. Охарактеризуйте условия для успешной работы операторов связи на современном рынке.
7. Какие основные направления характерны для процессов конвергенции в области связи?
8. Охарактеризуйте основные направления развития сетевой инфраструктуры операторов связи.
9. Назовите характерные свойства присущие услугам следующего поколения – NGS.
10. Охарактеризуйте принципы формирования услуг следующего поколения.
11. Чем определяются особенности функционирования вертикальных и горизонтальных сервисных платформ?
12. Приведите примеры низкоуровневых услуг NGS.
13. Приведите примеры высокоуровневых услуг NGS.

14. Приведите примеры услуг NGS, интегрированных с услугами Интернет.

15. Какие основные направления конвергенции услуг существуют в сетях NGN?

16. Какие предпосылки существуют для создания конвергентных услуг связи?

17. Охарактеризуйте предпосылки к конвергенции фиксированной и мобильной связи с позиции операторов фиксированной связи.

18. Опишите особенности распределения услуг проводной сети связи по сегментам рынка.

19. Чем характерна эволюция услуг проводной сети связи для частного сектора.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он выполняет в полном объеме и без-ошибочно задания оценочных средств по дисциплине, относящиеся к данной компетенции (индикаторам достижения компетенции), при этом демонстрирует на высоком уровне способность решать стандартные и нестандартные прикладные практические задачи в области проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он выполняет, допуская незначительные ошибки, задания оценочных средств по дисциплине, относящиеся к данной компетенции (индикаторам достижения компетенции), при этом демонстрирует на среднем уровне способность решать только стандартные прикладные практические задачи в области проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он выполняет, допуская ошибки, исправление которых осуществляет с помощью наводящих вопросов преподавателя, задания оценочных средств по дисциплине, относящиеся к данной компетенции (индикаторам достижения

компетенции), при этом демонстрирует на минимальном уровне способность решать стандартные прикладные практические задачи в области проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он, выполняя задания оценочных средств по дисциплине, не достигает минимального уровня сформированности компетенции (индикаторам достижения компетенции), при этом не демонстрирует способность решать стандартные прикладные практические задачи в области проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя собеседование по указанным в разделах вопросам. Следует ориентироваться на количество заданий, указанных в Паспорте фонда оценочных средств (сводная таблица).

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить сформированность компетенции ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-7.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу, указанную в Рабочей программе данной дисциплины. При получении задания студент должен сразу же, без подготовки, отвечать на вопросы собеседования.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования техническими средствами для выполнения расчетно-графических заданий, картами, справочниками, таблицами и другой справочной литературой только при наличии соответствующего разрешения департамента.

При проверке уровня освоения тем, выносимых на самостоятельное изучение, оцениваются:

- полнота знаний;

- системность и обобщенность знаний;
- глубина знаний;
- оперативность знаний.

Оценочный лист

№ п/п	ФИО студента	Баллы (0 – 0,5 – 1)				
		Даны ответы на все вопросы базового уровня	Понимание сути излагаемого материала	Речь грамотная, ясная, точная	Анализ сути вопроса, приведение собственных примеров	Даны ответы на вопросы повышенного уровня
1.						
2.						

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

При проведении лабораторных работ по дисциплине «Основы проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей» студент должен знать и владеть навыками, содержание, которых представлено в программе по дисциплине.

5.1. Методические указания при подготовке к лабораторной работе

Подготовку к лабораторной работе рекомендуется проводить в следующей последовательности:

- уяснить тему и цель, предстоящего занятия;
- изучить теоретический материал в соответствии с темой занятия (рекомендуется использовать рекомендованную литературу, конспект лекций, учебное пособие (практикум)).

5.2. Методические указания при выполнении задания лабораторной работы

При выполнении задания лабораторной работы студенты должны строго соблюдать, установленные правила охраны труда.

При выполнении задания студентам рекомендуется:

- уяснить цель, выполняемых заданий и способы их решения;
- задания, выполнять в той последовательности, в которой они указаны в практикуме;
- при выполнении задания и изучении теоретического материала использовать помощь преподавателя;
- оформить отчет по лабораторной работе;
- ответить на контрольные вопросы.

5.3. Методические указания при подготовке к защите лабораторной работы

При подготовке к защите лабораторной работы студентам рекомендуется:

- подготовить отчет по лабораторной работе;
- уметь обосновать, сделанные выводы;
- закрепить знания теоретического материала по теме занятия (рекомендуется использовать контрольные вопросы);
- знать порядок проведения расчетов (проводимых исследований).

Защита лабораторной работы осуществляется путем собеседования студента с преподавателем. При собеседовании студент представляет на проверку отчет по лабораторной работе.

Собеседование со студентом, претендующим на оценку «отлично» проводится по вопросам повышенного уровня обученности.

Собеседование со студентом, не претендующим на оценку «отлично» проводится по вопросам базового уровня, которые приведены в фонде оценочных средств по дисциплине.

Вопросы (задания) для проверки уровня обученности

Лабораторная работа 1. Основы моделирования цифровых оптических трактов.

1. Какие спектральные диапазоны используются в современных ВОСП?
2. Из каких основных элементов состоит оптический тракт ВОСП?
3. Назначение передающего оптического модуля и его основные узлы.
4. Назовите основные характеристики передающего оптического модуля.
5. Что называют главным оптическим трактом?
6. Назначение приемного оптического тракта и его основные узлы?
7. Назовите основные характеристики приемного оптического тракта.

8. Перечислите основные типы искажений и помех, воздействующие на сигнал в тракте ВОСП.

9. Дайте определение Q-фактора.

10. Перечислите основные характеристики главным оптическим трактом.

11. Дайте определение коэффициента ошибок (BER).

Лабораторная работа 2. Измерение чувствительности приемного оптического модуля.

1. Из каких основных узлов состоит приемный оптический модуль? Их назначение.

2. Какие требования предъявляют к приемному оптическому модулю современных ВОСП?

3. Перечислите основные характеристики приемного оптического модуля.

4. Какими факторами ограничивается чувствительность приемного оптического модуля?

5. Какова природа теплового шума?

6. В чем причины появления дробового шума?

7. Как рассчитывается величина теплового шума?

Лабораторная работа 3. Исследование искажений импульсов в оптическом тракте.

1. Что называют дисперсией?

2. Какие виды дисперсии влияют на искажения сигнала в оптическом тракте?

3. Почему дисперсия вызывает ухудшение качества при приеме сигнала?

4. Как определяется среднеквадратическая длительность оптических импульсов (RMS)?

5. Как определяется длительность импульсов по уровню половинной мощности от максимальной (FWHM)?

6. Как рассчитывается уширение оптических импульсов в тракте только с линейными искажениями?

7. Как связаны между собой длительности импульсов RMS и FWHM?

8. Какие факторы оказывают влияние на степень искажения оптических импульсов в трактах ВОСП?

Лабораторная работа 4. Оценка и проверка бюджета мощности волоконно-оптической системы передачи.

1. Что называют бюджетом мощности волоконно-оптической системы передачи?

2. Как рассчитываются общие потери в линейном тракте?

3. Чем определяется максимально допустимое затухание сигнала в линейном тракте?

4. Из чего складываются дополнительные потери в линейном тракте?

5. Как рассчитывают общие потери в разъёмных и неразъёмных соединениях?

6. Как определяются потери в пассивных компонентах?

7. Как рассчитывается максимальная длина регенерационного участка ВОСП при заданном запасе системы?

8. Что называют штрафом по мощности системы?

Лабораторная работа 5. Компенсация дисперсии в тракте волоконно-оптической системы передачи.

1. Что называют дисперсией в ВОСП?

2. Какие виды дисперсии влияют на передачу сигнала в ВОСП?

3. К чему приводит накопление дисперсии в оптическом тракте?

4. От каких факторов зависит величина накопленной в тракте дисперсии?

5. Как рассчитывается величина накопленной в оптическом тракте дисперсии?

6. Как оценить максимально допустимую дисперсию?

7. Перечислите основные способы компенсации хроматической дисперсии.

8. Как осуществляется компенсация дисперсии при помощи компенсирующих волокон.

Лабораторная работа 6. Расчет характеристик интеллектуальной сети.

1. Какие элементы входят в архитектуру интеллектуальной сети?
2. В чем разница между внутренним и внешним SSP? Как подключается внешний SSP к сети?
3. Какие услуги входят в набор CS-1rus, используемый в России?
4. Какая нумерация используется для доступа к услугам интеллектуальной сети?
5. Поясните процесс предоставления услуги «Бесплатный вызов».
6. Поясните процесс предоставления услуги «Вызов с дополнительной платой».
7. Поясните процесс предоставления услуг с использованием карт оплаты.
8. Поясните процесс предоставления услуги «Телеголосование».

Лабораторная работа 7. Расчет объема оборудования шлюзов сети NGN

1. Укажите назначение шлюзов в сети NGN.
2. Чем отличаются различные типы шлюзов сетей NGN: транзитный (транкинговый), сигнальный, доступа, резидентный доступа?
3. Перечислите основные задачи проектирования сети доступа NGN.
4. Укажите основные варианты подключения оконечных пользователей к сети связи общего пользования.
5. Укажите варианты подключения пакетных терминалов к сети NGN.
6. Перечислите исходные данные для расчета сети доступа NGN.

Лабораторная работа 8. Расчет объема оборудования гибкого коммутатора сети NGN

1. Назначение и функции гибкого коммутатора (softswitch) в сети NGN.
2. Какие протоколы используются в гибком коммутаторе (softswitch) для управления сетью доступа?
3. Какие протоколы используются в гибком коммутаторе (softswitch) для управления транспортной сетью?
4. От чего зависит выбор производительности гибкого коммутатора (softswitch)?
5. Как рассчитывается нижний предел производительности гибкого коммутатора по обслуживанию сетей доступа?

Лабораторная работа 9. Построение сигнальных диаграмм соединений в сети NGN на базе протокола SIP

1. Зачем нужен протокол SIP? Какие принципы положены в основу протокола SIP?
2. Какое место занимает протокол SIP в стеке протоколов TCP/IP?
3. С помощью какого протокола терминалы обмениваются информацией о своих функциональных возможностях?
4. Перечислите основные элементы SIP-сети, укажите их функции.
5. Из каких элементов состоит Агент пользователя? Когда они используются?
6. Перечислите типы серверов SIP-сети, укажите их функции
7. Привести пример SIP-сети. Описать на нем в общем виде процесс установления соединения между терминалами.
8. Какой тип адресации используется в протоколе SIP. Перечислить типы SIP-адресов, что значат их элементы?
9. Сообщения протокола SIP. Какой формат сообщений и их структура?
10. Назначение запросов и ответов протокола SIP.

Лабораторная работа 10. Разработка схем взаимодействия традиционных телефонных сетей и сетей NGN

1. В каких узлах сети происходит преобразование сообщений протоколов ISUP и SIP при установлении и разрушении пользовательских соединений? Какие функции они выполняют в сетях SIP и ОКС№7?

2. Какие базовые сообщения передаются в сети сигнализации ОКС№7 (ISUP) при установлении и разрушении телефонного соединения?

3. Какие базовые запросы и ответы передаются в сети SIP при установлении и разрушении речевого соединения?

4. Каким образом передается информация о причине неуспешного соединения в сети на базе протокола SIP?

Лабораторная работа 11. Расчет сигнальной нагрузки протокола SIP в сети IMS

1. Поясните назначение функциональных блоков архитектуры IMS.

2. Как рассчитывается нагрузка на функциональный элемент S-CSCF?

3. Как рассчитывается нагрузка на функциональный элемент I-CSCF?

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он выполняет в полном объеме и без-ошибочно задания оценочных средств по дисциплине, относящиеся к данной компетенции (индикаторам достижения компетенции), при этом демонстрирует на высоком уровне способность решать стандартные и нестандартные прикладные практические задачи в области проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он выполняет, допуская незначительные ошибки, задания оценочных средств по дисциплине, относящиеся к данной компетенции (индикаторам достижения компетенции), при этом демонстрирует на среднем уровне способность решать только стандартные прикладные практические задачи в области проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он выполняет, допуская ошибки, исправление которых осуществляет с

помощью наводящих вопросов преподавателя, задания оценочных средств по дисциплине, относящиеся к данной компетенции (индикаторам достижения компетенции), при этом демонстрирует на минимальном уровне способность решать стандартные прикладные практические задачи в области проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он, выполняя задания оценочных средств по дисциплине, не достигает минимального уровня сформированности компетенции (индикаторам достижения компетенции), при этом не демонстрирует способность решать стандартные прикладные практические задачи в области проектирования информационно-коммуникационных систем и сетей.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя собеседование по указанным в разделах вопросам. Следует ориентироваться на количество заданий, указанных в Паспорте фонда оценочных средств (сводная таблица).

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить сформированность компетенции ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-7.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо изучить рекомендуемую литературу, указанную в Рабочей программе данной дисциплины. При получении задания студент должен сразу же, без подготовки, отвечать на вопросы собеседования.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования техническими средствами для выполнения расчетно-графических заданий, картами, справочниками, таблицами и другой справочной литературой только при наличии соответствующего разрешения департамента.

При проверке задания, оцениваются:

- последовательность выполнения задания, представленного в лабораторной работе;
- рациональность выполнения задания, представленного в лабораторной работе;
- точность расчетов при выполнении задания, представленного в лабораторной работе.

Оценочный лист

№ п/п	ФИО студента	Баллы (0 – 0,5 – 1)				
		Даны ответы на все вопросы базового уровня	Понимание сути излагаемого материала	Речь грамотная, ясная, точная	Анализ сути вопроса, приведение собственных примеров	Даны ответы на вопросы повышенного уровня
1.						
2.						

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Сутягина, Л.Н. Проектирование городской наложенной мультисервисной сети связи общего пользования Электронный ресурс : учебно-методическое пособие / Л.Н. Сутягина. - Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. - 39 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks., экземпляров неограничено
2. Берлин, А. Н. Высокоскоростные сети связи / А.Н. Берлин. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 452 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн, экземпляров неограничено.

Дополнительная литература:

1. Голиков, А. М. Транспортные и мультисервисные системы и сети связи : учебное пособие / А.М. Голиков ; Министерство образования и науки Российской Федерации ; Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. - 102 с. : схем. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн, экземпляров неограничено
2. Фокин, В. Г. Проектирование оптической сети доступа : учебное пособие / В.Г. Фокин ; Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации ; Федеральное агентство связи ; ФГОБУ ВПО «СибГУТИ». - Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012. - 311 с. : ил., табл., схем. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн, экземпляров неограничено
3. Кузьмич, Р. И. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации Электронный ресурс : Учебное пособие / Р. И. Кузьмич, А. Н. Пупков, Л. Н.

Корпачева. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2018. - 120 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-7638-3943-2, экземпляров неограничено