

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

К защите допустить

Зав. кафедрой ТИ

доцент А.Эшмурадов

---

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему

***Распределение потоков в сетях WDM***

---

***с учетом эффекта самоподобия***

---

Выпускник

Салихов Д.Т.

---

подпись

---

(ф.и.о.)

Руководитель

Нурушов С.И.

---

подпись

---

(ф.и.о.)

Консультант

Борисова Е.А.

по БЖД

---

подпись

---

(ф.и.о.)

Рецензент

---

подпись

---

(ф.и.о.)

**ТАШКЕНТ – 2015 г.**

Ушбу битирув малакавий ишда WDM оптик транспорт тармоғи, ўзига ўхшаш телетрафиги тушунчаси ва унинг асосий хусусиятлари кўриб чиқилган. Ҳамда WDM тармоқларида ўзига ўхшаш хусусиятини эътиборга олган ҳолда оқимларни тақсимлаш усули келтирилган.

БМИда ҳаёт фаолияти ҳавфсизлиги масалалари кўриб чиқилган.

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрены оптическая транспортная сеть WDM, понятие самоподобного телетрафика и его основные свойства и приведен метод распределения потоков в сетях WDM с учетом эффекта самоподобия.

Также рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности.

In this graduational qualification work the WDM optical transport network, the self-similar teletraffic concept, and its basic properties are considered. The flows distributing method based on the self-similarity effect in WDM networks are analyzed.

Also the life safety and protection are regarded in this work.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>7</b>
<b>1. ОПТИЧЕСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ WDM .....</b>	<b>9</b>
1.1. Общие положения технологии WDM .....	9
1.2. Технология CWDM .....	18
1.3. Технология DWDM .....	23
Выводы.....	27
<b>2. ПОНЯТИЕ О САМОПОДОБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>29</b>
2.1. Самоподобный трафик.....	29
2.2. Самоподобие в системах массового обслуживания .....	31
2.3. Основные свойства самоподобного трафика.....	36
Выводы.....	40
<b>3. МЕТОД РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ В СЕТЯХ WDM С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА САМОПОДОБИЯ .....</b>	<b>42</b>
3.1. Предметная постановка задачи распределения потоков в наложенной IP/MPLS сети .....	42
3.2. Математическая постановка задачи распределения потоков в наложенной IP/MPLS сети .....	44
3.3. Разработка метода решения задачи распределения потоков в наложенной IP/MPLS сети с учетом эффекта самоподобия .....	46
3.4. Анализ метода распределения потоков в наложенной IP/MPLS сети .....	51
Выводы.....	54
<b>4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЭКОЛОГИЯ ...</b>	<b>56</b>
4.1. Психология труда .....	56
4.2. Виды ионизирующих излучений и их влияние на живой организм .....	61

4.3. Цели и методы экологического мониторинга .....	66
Выводы.....	71
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>72</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>73</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>	<b>75</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Основным требованием, которое предъявляется к современным телекоммуникационным системам, является обеспечение требуемого качества обслуживания. Наиболее часто в качестве параметра, характеризующего качество передачи информационных потоков через сеть, при параметрическом синтезе телекоммуникационных систем используют среднее время задержки в сети.

Добиться уменьшения среднего времени задержки пакета в сети и найти маршруты передачи для каждого из информационных потоков можно, используя для решения данной задачи метод, который базируется на моделях информационных потоков, учитывающих нелинейную зависимость параметров качества передачи от его интенсивности.

Согласно Указа Президента Республики Узбекистан №УП-4702 от 4 февраля 2015 года «О создании Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан» [1] одной из основных задач развития сферы инфокоммуникационных технологий является дальнейшее развитие и модернизацию телекоммуникационной инфраструктуры, в том числе расширение широкополосного доступа к сети Интернет, обеспечение полного перехода на цифровые системы телефонной связи, телевидения и радиовещания, а также создания необходимых технических и благоприятных условий для развития современных отечественных веб-ресурсов различной направленности, в том числе сетевых ресурсов для удовлетворения информационных и интеллектуальных потребностей населения, особенно молодого поколения. Кроме этого, одним из важных аспектов развития и совершенствования инфокоммуникационной инфраструктуры является организация научных исследований и разработок, подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в области современных средств коммуникаций,

разработки и внедрения программных продуктов, информационных систем и баз данных, обеспечения информационной безопасности и других сферах информационно-коммуникационных технологий. Следовательно, данная выпускная работа актуальна и своевременна.

Как показали последние исследования информационных потоков, передаваемых в современных мультисервисных телекоммуникационных системах [2, 3], их свойства отличаются от тех, которые используются в классической теории телетрафика и описываются моделями простейшего потока. Использование этих моделей при параметрическом синтезе приводит к заниженным значениям объемов ресурсов сети, выделяемым для обслуживания трафика, и как следствие, невозможности обеспечить требуемый уровень качества обслуживания при эксплуатации сети. Исследования показали, что применение для описания свойств информационных потоков в сети математических моделей в виде самоподобных процессов позволяет более полно учесть их свойства. Это позволяет повысить качество параметрического синтеза телекоммуникационных систем. Для моделирования группового трафика можно использовать модель фрактального Броуновского трафика.

При агрегировании потоков от нескольких источников в случае, если хотя бы один из них обладает свойствами самоподобия, свойствами самоподобия будет обладать и результирующий суммарный поток. Объединение потоков от источников, генерирующих трафик, описываемый процессом с бесконечной дисперсией, приводит к самоподобному сетевому трафику, который стремится к трафику, описываемому моделью фрактального броуновского движения. Самоподобие также сохраняется при объединении потоков и от однородных и от разнородных источников трафика. И в данной выпускной квалификационной работе проанализирован метод распределения потоков в сетях WDM с учетом эффекта самоподобия.

# 1. ОПТИЧЕСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ WDM

## 1.1. Общие положения технологии WDM

Спектральное уплотнение каналов или мультиплексирование по длине волны относится к оптическим технологиям передачи, когда несколько оптических сигналов передается по одному волокну на различных длинах волн. В современных высокопроизводительных WDM системах, разработанных для протяженных линий связи, каждый оптический сигнал (часто называемый каналом или длиной волны) может передаваться на скорости от 2,5 до 10 Гбит/с и выше. В настоящее время такие системы поддерживают от 32 до 160 каналов. Это позволяет организовать передачу по одному волокну до 1 Тбит информации в секунду. Для описания систем, поддерживающих 16 и более количество каналов используется термин DWDM (плотное спектральное уплотнение). Для 2-х или 4-х канального уплотнения иногда используется термин CWDM (грубое спектральное мультиплексирование).

Существует следующая схема классификации технологий семейства xWDM в зависимости от расширенного частотного плана:

- разреженные WDM – CDWM – системы с шагом по длине волны 20 нм, работающие в полосе 1270–1610 нм;
- обычные WDM – WDM-системы с шагом несущих по частоте более 200 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 16 каналов;
- плотные WDM – DWDM-системы с шагом несущих по частоте от 200 до 50 ГГц;
- высокоплотные WDM – HDWDM-системы с шагом по частоте меньше 50 (25 и 12,5) ГГц; эта градация систем стандартами не предусмотрена, но часто используется в публикациях специалистов.

Системы WDM часто называют системами оптического

мультиплексирования с частотным разделением ОМЧР (OFDM). Однако по сути своей эти технологии (FDM и OFDM) существенно отличаются друг от друга. Их отличие состоит не только в использовании оптического (OFDM) или электрического (FDM) сигнала. При FDM используется механизм АМ модуляции с одной боковой полосой и выбранной системой поднесущих, модулирующий сигнал которых одинаков по структуре, так как представлен набором стандартных каналов ТЧ. При OFDM механизм модуляции, необходимый в FDM для сдвига несущих, вообще не используется, несущие генерируются отдельными источниками (лазерами), сигналы которых просто объединяются мультиплексором в единый многочастотный сигнал. Каждая его составляющая (несущая) принципиально может передавать поток цифровых сигналов, сформированный по законам различных синхронных технологий. Например, одна несущая формально может передавать АТМ трафик, другая SDH, третья PDH и т.д. Для этого несущие модулируются цифровым сигналом в соответствии с передаваемым трафиком.

Формально для систем WDM не важно, какие методы кодирования и формирования конкретного цифрового сигнала использовались. В этих системах передается однотипный трафик, что определяется используемыми методами синхронизации и единообразием процесса обработки. В отличие от систем SDH транспортируемый сигнал не упаковывается в контейнеры и не подвергается обработке в соответствии со структурой мультиплексирования SDH для формирования транспортного модуля STM-N, который только и может быть передан через физический уровень в канал связи (среду передачи).

Упрощенная многоуровневая модель взаимодействия основных технологий SDH/SONET, АТМ, IP (без учета возможности переноса IP через АТМ), осуществляющих транспортировку сигнала в глобальных сетях, до появления технологии WDM приведена на рис.1.1а. Модель состоит из трех уровней и оптической среды передачи. В соответствии с моделью, для транспортировки трафика верхнего уровня (АТМ и IP) по оптической среде

передачи он должен быть инкапсулирован в транспортные модули STM-N/OC-n SDH/SONET, которые с помощью физического интерфейса проходят через физический уровень в оптическую среду передачи. Это объясняет создание технологий инкапсуляции ячеек АТМ в виртуальные контейнеры SDH (АТМ-over-SDH) или IP пакетов в виртуальные трибы SONET (IP-over-SONET). Созданием и разработкой стандартов для этих технологий занимались подкомитеты по стандартизации в институтах ANSI, ISO, ITU-T и ETSI.

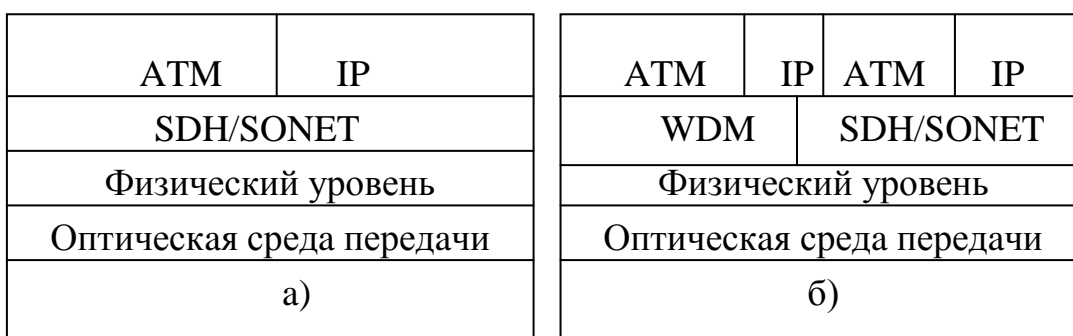


Рис. 1.1. Взаимодействие протоколов:  
 а) SDH,АТМ,IP;                      б) SDH,АТМ,IP и WDM:

С появлением систем WDM модель принимает вид, представленный на рис. 1.1,б и имеет четыре уровня. Промежуточный уровень WDM, также как в SDH/SONET, обеспечивает физический интерфейс, позволяющий через физический уровень выйти в оптическую среду передачи не только технологии SDH/SONET, но и АТМ или IP. В этом случае не требуется инкапсуляции ячеек АТМ или пакетов IP в промежуточный транспортный модуль SDH/SONET, что упрощает процедуру обработки и транспортировки трафика, генерируемого системами АТМ и IP, и уменьшает общую длину заголовков (при прохождении с верхнего уровня на нижний), повышая процент, занимаемый информационной составляющей трафика, в общей длине передаваемого сообщения, и эффективность передачи в целом. АТМ и IP трафик может быть передан и по традиционной схеме с использованием SDH/SONET, трафик которых может быть также передан с помощью систем

WDM для сохранения преемственности старых схем транспортировки и увеличения гибкости композитных систем WDM-SDH/SONET.

На рис.1.2 представлен общая структура системы WDM с одним прямым каналом. В системе  $n$  входных потоков данных, кодированных цифровых импульсных последовательностей, модулируются основной полосой с помощью оптических модуляторов  $M_i$ , оптические несущие имеют длины волн  $\lambda_i$ . Модулированные несущие мультиплексируются с помощью мультиплексора WDM Mux в агрегатный поток, который после усиления (с помощью буфера или мощного усилителя – МУ) подается в оптическое волокно. На приемном конце поток с выхода оптического волокна усиливается предварительным усилителем – ПУ, демультиплексируется, разделяясь на составляющие потоки – модулированные несущие  $\lambda_i$ , которые детектируются с помощью детекторов  $D_i$ . На входе детекторов могут дополнительно использоваться полосовые фильтры  $\Phi_i$  для уменьшения переходных помех и увеличения помехоустойчивости детектирования. После детекторов потоки демодулируются демодуляторами ДМ $_i$ , формирующими на выходе исходные кодированные цифровые импульсные последовательности. Кроме МУ и ПУ в системе могут быть использованы и линейные усилители – ЛУ.

Волновое мультиплексирование используется более 10 лет, первоначально оно было направлено на объединение двух основных несущих 1310нм и 1550нм (2-го и 3-го окон прозрачности) в одном оптоволокне, что позволяло удвоить емкость системы. Многие стандартные системы SDH предлагают удвоение емкости системы как один из вариантов конфигурации. Такие системы называются широкополосными WDM при разносе по длине волны – 240нм, в противовес узкополосным WDM, где разнос волн был – 24-12нм, что давало возможность разместить в 3 окне (1550нм) 4 канала.

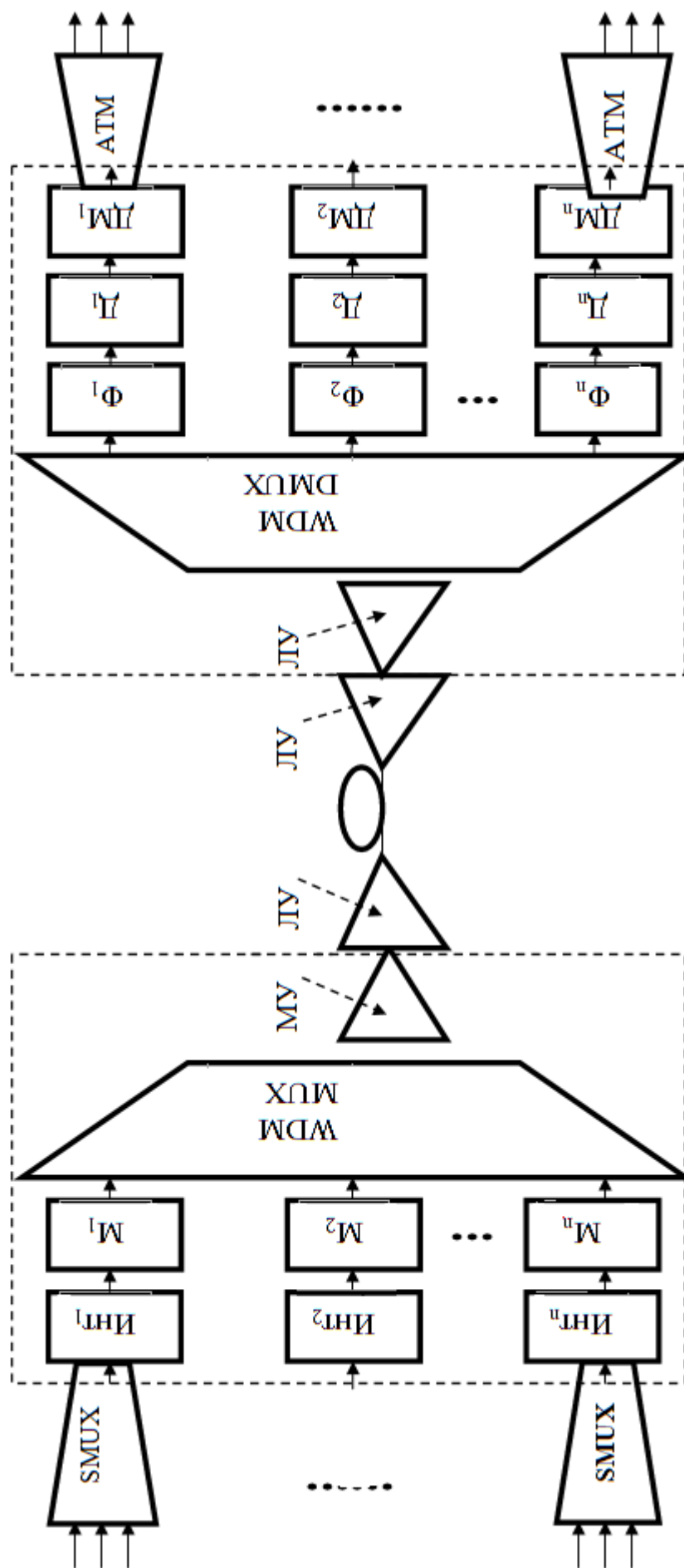


Рис. 1.2. Схема системы с WDM с одним прямым каналом

При таком делении у систем “широкополосных” WDM спектр не перекрывался, а состоял из двух изолированных полос. С другой стороны, формируется класс действительно широкополосных систем WDM, перекрывающих в смежных окнах прозрачности (3-м и 4-м) полосу 84нм от 1528-1612нм. Этот класс в будущем будет перекрывать полосу 1280-1620 нм, по данным характеристики системы «WaveStar AllMetro DWDM System» компании Lucent Technologies, использующей волокно, устраняющее пик поглощения в области 5-го окна (~ 1383 нм).

В настоящее время оборудование разных фирм-производителей систем WDM не совместимо между собой. Поэтому, необходимо было стандартизовать номинальный ряд несущих – “канальный или частотный план” для производителей с целью позиционировать уже существующие WDM системы. Эту задачу решил Сектор стандартизации МСЭ, выпустив стандарт ITU-T Rec. G.692.

Первоначально в основу стандарта положен канальный (частотный) план с равномерным расположением несущих частот каналов с минимальным разносом (шагом) каналов на 0,1ТГц, или 100ГГц. Выбранная в плане область частот покрывает стандартизованный диапазон  $D_{ст} = 5,1ТГц$  и практически соответствует диапазону длин волн (от 1528,77 до 1569,59 нм) амплитудно-волновой характеристики АВХ широко используемых ОУ. При выборе постоянного шага  $h=0,1ТГц$  (100ГГц) в этом диапазоне можно разместить максимально 51 канал с несущими, указанными в верхнем ряду таблицы 1.1 (для пересчета на длины волн используется обычная (уточненная) формула  $l = 2.99792458 \cdot 10^{17} / f$  [нм/Гц], при этом шаг по  $l$  получается разным от 0,780 до 0,821 нм, или в среднем 0,8 нм). При использовании шага 0,2ТГц (200ГГц, или в среднем 1,6нм) можно получить производную таблицу 1.1. Аналогично, можно получить производные таблицы 1.2 как при использовании большего шага 0,4ТГц (400ГГц, или 3,2нм), 0,6ТГц (600ГГц, или 4,8нм) и 1,0ТГц (1000ГГц, или 8,0нм).

Таблица 1.1

## Частотный план с шагом 0,2 ТГц

<b>f ТГц</b>	<b>Г нм</b>
196,1	1528,77
196,0	1529,55
195,9	1530,33
195,8	1531,12
195,7	1531,90
...	...
191,4	1566,31
191,3	1567,13
191,2	1567,95
191,1	1569,59
191,0	1568,77

Таблица 1.2

## Частотный план с шагом 0,4 ТГц

<b>f, ТГц</b>	<b>Г нм</b>
196,1	1528,77
195,9	1530,33
195,7	1531,90
195,5	1533,47
195,3	1535,04
...	...
191,9	1562,23
191,7	1563,86
191,5	1565,50
191,3	1567,13
191,1	1568,77

В таблице 1.3 показаны соответствия канальных планов оборудования WDM ведущих производителей канальному плану ITU-T. Из таблицы видно, что все они соответствуют канальному плану ITU-T, т.к. не используют шага меньше 100МГц. Весь стандартный диапазон  $D_{ст}$  поделен на два поддиапазона: S (Short band, использующий более короткие длины волн) и L (Long band, использующий более длинные волны) – в обозначениях, используемых компанией Alcatel. Выбор определенного поддиапазона диктуется достижимой неравномерностью АВХ в этом поддиапазоне. Поддиапазон L позволяет получить хорошую неравномерность даже со стандартными ОУ без специального выравнивания.

Таблица 1.3

Соответствия канальных планов оборудования WDM

Компания	Шаг, ТГц	План S		План L		Число каналов
		начало	конец	начало	конец	
Alcatel	0,2; 0,1	1531,90	1542,94	1547,72	1558,98	8L;16S; 32-40SL
Bellcore	0,2	н/д	н/д	1547,72	1558,98	8L
Cambrian	0,2; 0,1	н/д	н/д	н/д	н/д	16; 32
Ciena	0,1; 0,05	н/д	н/д	1545,32	1560,61	16L; 40L
IBM	0,4	н/д	н/д	н/д	н/д	10
Lucent	0,1	н/д	н/д	1550,12	1560,61	16L
MCI	0,4; 0,1	1530,33	1541,35	1549,32	1560,61	4L; 8S
Nortel	0,1	1528,77	1539,77	н/д	н/д	8S
Osicom	0,2; 0,1	н/д	н/д	н/д	н/д	8; 16
Pirelli	0,1	н/д	н/д	1546,92	1558,98	16L

Из табл. 1.3 видно, что компания Ciena, использующая шаг 0,05 ТГц (50 ГГц), должна была бы выйти за рамки стандартного плана для увеличения числа каналов как в области наиболее плоской АВХ стандартного ОУ, так и во всей области стандартизованного диапазона с выравненным усилением ОУ 1529-1565 нм.

Число каналов, которое можно разместить в стандартном диапазоне, можно оценить по формуле:

$$N_h = f[D_{ст}/h], \quad (1.1)$$

где функция  $f$  означает операцию взятия целой части.

Используя (1.1), получим таблицу канального плана с  $2n$ -кратным числом каналов (таблица 1.4), в нижней строке указано число каналов  $N_{h2}$ , кратное  $2n$ , которое может быть получено для данного шага.

Таблица. 1.4

Схема канального плана с  $2n$  кратным числом каналов

<b>h [ТГц]</b>	1	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1	0,05
<b><math>N_h</math></b>	5	8	10	12	25	51	102
<b><math>N_{h2}</math></b>	4	8	8	8	16	32	64

Из таблицы видно, что схема канального плана с числом каналов, кратным  $2n$ , которой придерживаются ряд производителей, нерациональна с точки зрения использования стандартизованной выравненной полосы ОУ. Во-вторых, видно, что старый канальный план стандарта G.692 допускал формирование не более 51 канала. Этот показатель был перекрыт рядом компаний, производящих 96, 128 и 160 канальные системы.

Расширения числа каналов можно достичь двумя путями: уменьшением шага  $h$  до 0,05 ТГц (50 ГГц) и частичным расширением частотного плана до 191,0 ТГц, что дает возможность довести число каналов максимально до 102; расширением стандартной полосы  $D_{ст}$  вправо до частот порядка 186 ТГц (1612 нм), что позволяет удвоить  $D_{ст}$  до величины 10,2 ТГц (84 нм) за счет частичного использования 4-го окна прозрачности (1600 нм). Первый путь был использован компанией Ciena, второй – Lucent. Эксплуатация вдвое большей полосы (2x5,1 ТГц) хотя и требует использования специальных сверхширокополосных оптических усилителей СШПУ (UWBA) с АВХ, охватывающих полосу 10,2 ТГц, но дает возможность увеличить число каналов до 102 при шаге 100 ГГц и до 204 при шаге 50 ГГц.

Для систем WDM справедлива следующая перспективная схема канального плана на 102 канала с шагом 100 ГГц и на 204 канала с шагом 50 ГГц (см. рис. 1.3).

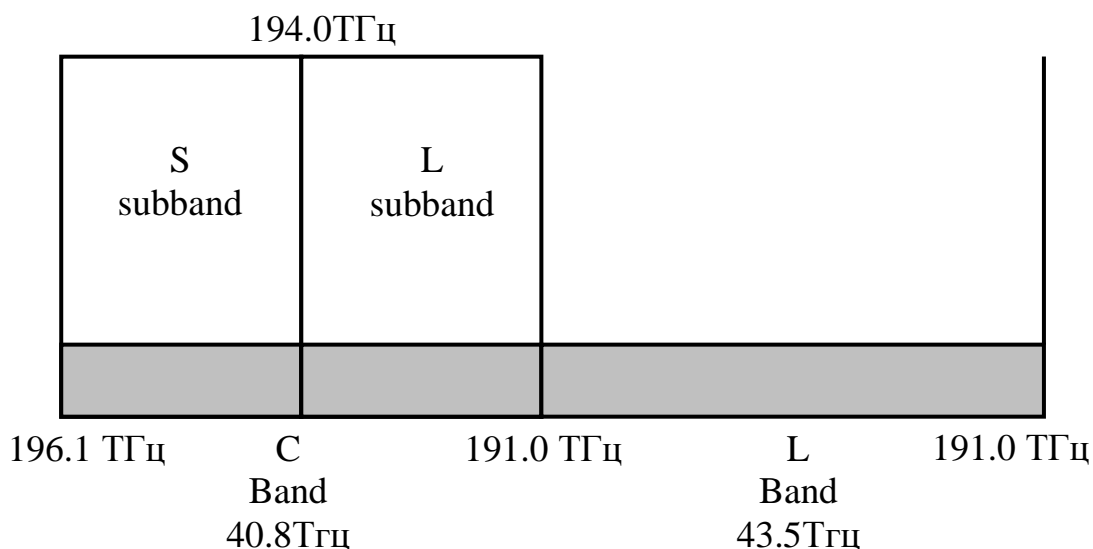


Рис. 1.3. Схема канального плана на 102+204 канала

Это можно сделать путем разбиения общей полосы усиления на две, называемые C-Band (Conventional Band) – обычная полоса и L-Band (Longwave Band) – длинноволновая полоса (в терминологии Bell Labs.) – в отличие от поддиапазона L band в терминологии Alcatel, который оказывается расположенным в правой половине C-Band). Таким образом, логично использовать обозначения ECI, вместо обозначений Alcatel, т.е. говорить C-band, как о полосе, состоящей из высокочастотной части (синей полосе) В и низкочастотной части (красной полосе) R.

Очевидным преимуществом технологии WDM является увеличение емкости существующего оптического волокна и уход от потребности в дополнительных волокнах.

## 1.2. Технология CWDM

В настоящее время CWDM становится очень востребованной в качестве транспортной архитектуры. В отличие от DWDM, системы, основанные на технологии CWDM, развертываются на лазерах с распределенной обратной связью и широкополосных оптических фильтрах. Эти технологии обеспечивают ряд преимуществ для CWDM, таких как низкое рассеивание энергии, меньший размер и небольшая стоимость. При анализе возможности применения той или иной технологии для решения определенных задач обычно учитывают наличие конкурентных технологий для решения тех же задач. Конкурентные технологии сравнивают по ряду показателей, ранжированных по степени важности для оператора связи, такими как: стоимость аналогичного решения, класс сетей и набор реализуемых приложений (сервисов), завершенность технологии (набор стандартов, регламентирующих ее применение), масштабируемость решения и, наконец, наличие технологической ниши, где данная технология имеет наибольшие конкурентные преимущества или просто незаменима.

Например, для задачи выбора технологии, обеспечивающей пропускную способность волокна 40 Гбит/с, нужно сравнить, как минимум, три конкурирующие технологии:

- SDH (с использованием одного мультиплексора STM-256);
- DWDM (с транспондером на 4 несущих и с 4 мультиплексорами SDH уровня STM-64 или с транспондером на 16 несущих с 16 мультиплексорами SDH уровня STM-16);
- CWDM (с транспондером на 16 несущих с 16 мультиплексорами SDH уровня STM-16).

Очевидно, что стоимость решения, использующего 16 несущих, будет существенно ниже у CDWM, чем у DWDM, и ниже, чем применение SDH. Однако в этом примере выбор CWDM оказывается тупиковым вариантом с точки зрения масштабируемости, т.к. при этом используется два предельных для этой технологии параметра: число несущих и скорость передачи сигнала.

Это значит, что при развитии сети может возникнуть необходимость смены технологий и неизбежных при этом дополнительных затрат.

Анализ затрат на оборудование для двух конкурирующих технологий DWDM и CWDM трудно провести корректно, не привязываясь к конкретным изделиям, производимых одной и той же компанией. Общие оценки, публикуемые в разных изданиях, имеют большой разброс и позволяют указать лишь нижнюю (стоимость CWDM в несколько раз ниже) и верхнюю (стоимость CWDM на 30% ниже) границы сравнительных затрат на системы CWDM и DWDM, так как они зависят от числа используемых несущих и ряда других параметров.

CWDM использует в транспондерах лазеры с распределенной обратной связью (DFB), непосредственной модуляцией и скоростью передачи не выше 2,5 Гбит/с. Они обеспечивают узкую спектральную линию излучения сигнала несущей с большим коэффициентом подавления боковых мод, что, в свою очередь, уменьшает эффект уширения при распространении оптического сигнала по ОВ и позволяет без дополнительного усиления перекрывать пролеты длиной до 80 км.

Низкие затраты достигаются за счет допустимой точности центральной частоты несущей и допустимого дрейфа этой частоты во времени. Для DWDM допустимая точность центральной частоты – 0,5 ГГц (при 25°C), то же можно сказать и о дрейфе, для CWDM допустимая точность центральной частоты может быть увеличена до 6,5 нм при ширине полосы фильтров демодулятора 13 нм.

С другой стороны, лазеры систем DWDM ввиду малого допуска должны быть стабилизированы по температуре для компенсации температурного дрейфа примерно 0,1 нм/°C, что вынуждает оператора использовать термостабилизаторы и даже системы с внешней петлей температурной обратной связи. Для лазеров в системах CWDM такая стабилизация считается излишней, учитывая допустимый допуск на дрейф 6,5 нм.

Отсутствие охлаждения и стабилизации температуры позволяет получить значительную экономию потребляемой мощности: если в системах DWDM она составляет 5 Вт/канал передачи несущей, то в системах CWDM - только 0,25 Вт, причем эта разница увеличивается пропорционально числу используемых несущих.

Приемники в обеих системах обычно одинаковы. Это PIN- или APD-диоды, обеспечивающие бюджет мощности системы порядка 20-25 дБ. Существенная разница наблюдается на этапе демультиплексирования. При малом числе каналов в обеих системах можно использовать одинаковые демультиплексоры с фильтрами на многослойных тонких пленках, однако требования к фильтрам могут значительно отличаться. Так, при шаге сетки несущих 200 ГГц в DWDM необходимо использовать фильтры со 125 слоями для обеспечения требуемого затухания в переходной полосе, тогда как в CWDM при разносе несущих на 20 нм достаточно 50 слоев (при этом вносимые потери фильтров не превышают 1 дБ). Если же число длин волн велико, то в системах DWDM используются демультиплексоры на основе дифракционной решетки на массиве волноводов (AWG), которые стоят еще больше в расчете на одну несущую.

Традиционные системы CDWM первоначально строились по однопролетной схеме с терминальными мультиплексорами одного производителя в расчете на сетевую топологию "точка - точка" в корпоративных и локальных сетях. Набор интерфейсных карт давал, как правило, возможность использовать технологии ATM, T3/E3 (PDH), Fast Ethernet (FE), FDDI. При этом допускалось применение многомодового ОВ и работа в трех окнах прозрачности 850/1300/1550 нм. Мультиплексоры ввода-вывода при этом не использовались. На смену традиционным пришли открытые и гибридные системы CWDM.

В открытых системах CWDM сетевые операторы для повышения гибкости систем стали использовать маршрутизаторы, мультиплексоры ввода-вывода и коммутаторы с интерфейсами CWDM. Применение

мультиплексоров ввода-вывода позволило расширить круг используемых топологий и освоить кольцевые сети в городских сетях, а также сети доступа транспортных сетей SDH.

Гибридные системы CWDM позволяли широко использовать преимущества обоих типов систем и освоить радиально-кольцевые топологии. Однако главным было то, что в результате переориентации на одномодовое ОВ и диапазон 1550 нм появилась возможность устанавливать интерфейсные DWDM-карты и осуществлять реконфигурацию несущих каналов CWDM в несущие каналы DWDM со всеми вытекающими из этого преимуществами в плане масштабирования.

В результате появилась возможность использовать CWDM на трех нижних уровнях четырехуровневой иерархии сетей:

- магистральные транспортные сети (верхний уровень);
- магистральные городские сети (средний уровень);
- развитые сети доступа (средний уровень);
- сети "последней/первой мили" (нижний уровень).

Местом реализации открытых систем CWDM стали сети "последней/первой мили", местом реализации гибридных систем CWDM, которые стали обозначаться как системы C/DWDM, стали городские сети и сети доступа.

Набор физических интерфейсов (а значит, и набор сервисов/услуг) систем CWDM и C/DWDM расширился и может включать в себя: IP, гигабитный и 10-гигабитный Ethernet (GE и 10GE), OC-1/3/12/24/48 (SONET) и STM-1/4/16 (SDH), Fiber Channel (FC), ESCON и xDSL.

В области стандартизации систем CWDM первой была принята рекомендация МСЭ, представившая сетку длин волн в CWDM. В 2004г. была утверждена рекомендация МСЭ, определяющая характеристики и параметры систем CWDM: типы оптических интерфейсов и перекрываемые ими расстояния, допустимые уровни мощности и затухания оптических сигналов.

Она предусматривала также применение скорости передачи 1,244 Гбит/с, соответствующей уровню SONET OC-24 и не являющейся стандартной для европейской ветви SONET/SDH, но позволяющей существенно улучшить коэффициент использования емкости полезной нагрузки при инкапсуляции гигабитного Ethernet (GE) в оболочку синхронной полезной нагрузки (SPE), по сравнению с вариантом использования для этой цели синхронного транспортного модуля SDH STM-16.

Рекомендация определяет оптические интерфейсы однонаправленных и двунаправленных систем CWDM для сетевых приложений, использующих одномодовое ОВ. Они ограничены как по числу несущих (не больше 16, хотя рекомендация позволяет использовать 18 несущих), так и по скорости сигнальных каналов (не выше 2,5Гбит/с при кодировании кодом без возвращения к нулю - NRZ).

Рассмотрим один из возможных вариантов реализации описанных сервисов в оборудовании на примере мультисервисной системы CWDM, агрегирующей сигнальные потоки, формируемые сетевым оборудованием различных технологий, и может быть установлена на "последней/первой миле" и в сетях доступа. Операторы смогут предлагать пользователям различные услуги в рамках одной унифицированной оптической инфраструктуры благодаря объединению в устройстве следующих сервисов:

- сервисы, агрегируемые низкоскоростным мультиплексором с временным разделением каналов типа LSA, т.е. сервисы T1/E1, T3/E3 и Ethernet, FE, GE, агрегируемые в потоки SONET OC-3/12/48 или в потоки SDH STM-1/4/16; полученные потоки можно затем конвертировать в формат CWDM и передавать на оптические мультиплексоры ввода-вывода, которые объединяют подачу нескольких длин волн в одно волокно (формат CWDM допускает использование 9 и 18 длин волн на одно волокно);

- сервисы, агрегируемые мультиплексором SADM, OC-3/12 или STM-1/4, то есть агрегирующим 4OC-3/12 в OC-48 или 4STM-1/4 в STM-16;

- сервисы, агрегируемые мультиплексором ESCON,

поддерживающим 12 входных потоков ESCON, которые агрегируются в один OC-48/STM-16;

– сервисы, агрегируемые мультиплексором SFDADM, поддерживающим 2 потока GE/FC или 8 потоков FE и 1 поток GE/FC, которые агрегируются в OC-48/STM-16;

– сервисы CWDM (9 несущих в окне 1310нм с защитой (кольцевая топология) или в двунаправленном варианте; 18 несущих без защиты (кольцевая топология) или в однонаправленном варианте).

### **1.3. Технология DWDM**

Быстрое развитие интернета требует более высокой пропускной способности и высокоскоростных IP маршрутизаторов на беспрецедентный темп. В настоящее время технология DWDM может достигать 120-160 длин волн на волокно с общей пропускной способностью до 400Гб/с. Маршрутизаторы возможно станут ограничителем в будущих интернет магистралях, т.к. с применением технологии DWDM в существующих оптических транспортных и магистральных сетях сталкиваются с потребностью увеличения ширины полосы интернет трафика.

Устройство спектрального уплотнения WDM, WDM фильтр, выполняет функции мультиплексирования MUX или демультиплексирования DEMUX оптических сигналов разных длин волн (каналов) в одно волокно из множества волокон или из одного волокна в несколько волокон. На передающей и приемной сторонах могут устанавливаться однотипные устройства, но работающие в режимах MUX и DEMUX соответственно. Сам факт существования устройств WDM основан на свойстве волокна пропускать множество каналов, которые распространяются по волокну, не взаимодействуя между собой.

Первые устройства WDM были широко-зонные двухканальные

системы с длинами волн 1310 нм и 1550 нм. В дальнейшем по мере все большего освоения окна 1550 нм появляются прецизионные узкозонные WDM устройства с мультиплексируемыми длинами волн, полностью лежащими в окне 1550 нм. Это позволяет строить протяженные магистрали с множеством каналов на волокно. Большую роль играют оптические усилители EDFA. Практически вся рабочая область длин волн (pass-band), в которой усилитель EDFA имеет достаточно высокий коэффициент усиления и приемлемое отношение сигнал/шум (1530-1560 нм), отводится в распоряжение систем волнового уплотнения. Для построения многоканальных WDM систем наряду с пассивными WDM фильтрами также требуются узкополосные лазеры, стабильно выдерживающие нужную длину волны. Лазеры остаются наиболее дорогим элементом в таких системах, несколько сдерживая их развитие. В настоящее время поставляются системы с числом каналов 4, 8, 16, 32 вплоть до 160.

Схема расширенного канального плана позволяет предложить разные схемы классификации, учитывающую современные взгляды и тенденции, до сих пор нет точных границ деления между этими типами, можно предложить основе стандарта G.692 с его канальным планом в зависимости от того, используется ли волновая или частотная шкала канального плана. Итак, можно называть:

- системами WDM – системы с частотным разносом каналов не менее 200 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 16 каналов,
- системами DWDM – системы с разносом каналов не менее 100 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 64 каналов,
- системами HDWDM – системы с разносом каналов 50 ГГц и менее, позволяющие мультиплексировать не менее 64 каналов.

Сравнительный анализ систем WDM с короткими и длинными пролетами позволяет сформулировать требования к оптическому оборудованию. При оптическом межсетевом взаимодействии оборудование подключается непосредственно через волокно или WDM систему, без

использования SONET/SDH терминалов или ADM. В сетях с длинными пролетами высокоскоростное оборудование подключается к WDM системам, для пристыковки оборудования к одному и более каналам, поддерживаемым WDM через короткопролетный рентабельный интерфейс. На длинных участках происходит ослабление оптических сигналов и требуется периодическая регенерация. В оптических сетях SONET/SDH до введения WDM по каждому волокну передавался один оптический сигнал, обычно 2,5 Гбит/с, и электрическая регенерация требовалась каждые 60-100 км. Введение дополнительных волокон на протяженных участках значительно увеличивало стоимость проектов. Расход средств приходился не только на сами регенераторы, но и на их обслуживание (установка, энергопотребление). Установка регенераторов увеличивала время введения дополнительных волокон.

Внедрение оптических усилителей и WDM систем значительно сократило общую стоимость высокоскоростных протяженных сетей. Один оптический усилитель осуществляет регенерацию всех каналов WDM-волокна без индивидуального их разделения. Стоимость оптического усилителя соизмерима со стоимостью регенератора. Усилитель просто усиливает сигналы, без восстановления формы, синхронизации и осуществления повторной передачи. Потребность в периодической регенерации сигналов, таким образом, не исчезает, однако, ее осуществление требуется уже каждые 1000 км или более. Один оптический усилитель для 40-канальной WDM системы может заменить 40 обычных регенераторов (и даже больше, так как установка оптических усилителей осуществляется через намного более протяженные промежутки). Оптические усилители и WDM системы значительно упрощают процесс введения дополнительных каналов. Для этого нужно всего лишь установить дополнительные транспондеры на обоих концах WDM системы. Не нужно производить установку дополнительных регенераторов, существующие на сети оптические усилители будут осуществлять усиление нового канала наряду со старыми.

Благодаря такой экономии денежных средств технология WDM является наиболее предпочтительной для использования на протяженных линиях связи.

Разницу в стоимости между CWDM и DWDM определяет из-за эксплуатационных расходов и стоимости аппаратного обеспечения. Пока DWDM лазеры являются более дорогостоящими, чем CWDM; охлаждаемые DFB лазеры обеспечивают рентабельное решение для протяженных транспортных колец, требующих высокой производительности. С увеличением числа подключенных через DWDM систему клиентов, стоимость такой системы амортизируется. Сети доступа, с другой стороны, требуют меньших расходов и меньшую производительность систем для того, чтобы соответствовать требованиям рынка, основанным на готовности покупателя платить за предоставляемую полосу пропускания. Цены DWDM трансиверов обычно в 4 или 5 раз превышают CWDM аналоги. Стоимость DWDM трансивера определяется совокупностью факторов, связанных с лазером. Ключевым фактором является допустимое отклонение промышленной длины волны DWDM лазера в сравнении с CWDM. Обычно для DWDM лазера допускается отклонение в пределах  $\pm 0,1$  нм, тогда как для CWDM лазера  $\pm(2-3)$  нм. Этот факт тоже повышает стоимость DWDM лазеров относительно CWDM. К тому же, сама конструкция DWDM лазеров, имеющая резервуар для охлаждения (для температурной стабилизации) и треморезистор, является более дорогостоящей, чем неохлаждаемый CWDM лазер. Разница в стоимости мультиплексоров и демultipлексоров в CWDM и DWDM способствует в целом тому, что предпочтение отдается CWDM. CWDM фильтры являются менее дорогими в изготовлении, чем DWDM фильтры, вследствие меньшего числа составляющих тонких пленок. Обычно используется примерно 150 пленок для изготовления 150 ГГц DWDM-фильтра, в то время как для 20 нм CWDM-фильтра – около 50. Результатом является общий рост производства CWDM-фильтров. В результате производство трехпортового CWDM устройства обойдется значительно

дешевле, чем аналогичного DWDM устройства.

Эксплуатационная стоимость оптической транспортной системы зависит от эксплуатационных расходов и мощности. Эксплуатационные расходы для CWDM и DWDM систем являются приемлемыми, а мощностные требования для DWDM значительно выше. Например, DWDM-лазеры температурно стабилизируются посредством кулера, встроенного в их корпус. Кулер с монитором и управляющей схемой потребляет порядка 4 В на каждую волну. В то время как неохлаждаемый передатчик CWDM лазера тратит порядка 0,5 В.

Развитие WDM систем и темпы стандартизации происходят очень быстро. С ростом требований к полосе пропускания происходит разрастание сетей, что приводит к потребности в удешевлении транспортных систем. На сегодняшний день технологии WDM удовлетворяют всем этим требованиям.

## **Выводы**

Современные системы мультиплексирования по длине волны поддерживают скорости передачи до Тбит/с. Различают 2 основные системы уплотнения - системы с плотным спектральным уплотнением DWDM и системы с грубым спектральным уплотнением CWDM.

Технология CWDM развертывается на лазерах с распределенной обратной связью и широкополосных оптических фильтрах. Система обеспечивает узкую спектральную линию излучения сигнала несущей с большим коэффициентом подавления боковых мод, позволяет без дополнительного усиления покрывать пролеты длиной до 80км на 16 несущих с 16 транспондерами уровня STM-16.

Система DWDM может достигать 120-160 длин волн на волокно с общей пропускной способностью до 400Гб/с. Узкозонные WDM устройства мультиплексируют длины волн, полностью лежащие в окне 1550нм.

Системы xWDM обеспечивают физический интерфейс, позволяющий

через физический уровень вывести в оптическую среду передачи не только технологии SDH/SONET, IP. Отсутствие инкапсуляции IP пакетов в промежуточный транспортный модуль SDH/SONET упрощает процедуру обработки и транспортировки трафика.

## 2. ПОНЯТИЕ О САМОПОДОБНОМ ПРОЦЕССЕ

### 2.1. Самоподобный трафик.

С развитием высокоскоростных сетей связи, все большее влияние на качество обслуживания оказывает так называемое свойство самоподобия потоков. С практической точки зрения это можно объяснить высокой изменчивостью интенсивности трафика и, как следствие, высокой пачечностью поступления пакетов в узел сети при высокой скорости передачи данных, что приводит, из-за ограниченности буфера, к потерям пакетов.

Продолжительное время считалось, что трафик локальной сети описывается классическим Пуассоновским распределением. Телефонные сети изначально строились по принципу коммутации каналов, а в основе компьютерных сетей, как правило, лежит принцип коммутации пакетов, но методики расчетов остались практически теми же. Пакеты при высокой скорости их движения по сети поступают на узел не по отдельности, а целой пачкой. Трафик в таких сетях имеет пульсации, что повышает вероятность перегрузок в узлах сети, которые ведут к переполнению буферов и вызывают потери и/или задержки.

Пульсации приводят к перепадам скорости информационных потоков, при которых отношение максимального значения к минимальной скорости составляет десятки раз. При этом оказалось, что в мультисервисных сетях число событий на заданном временном интервале зависит от прежних, весьма отдаленных событий. Это означает, что при больших масштабах мультисервисной сети трафик обладает свойством самоподобия, т.е. выглядит качественно одинаково при любых достаточно больших масштабах временной оси.

Термин "фрактал" происходит от латинского слова fractus (сломаный, разбитый), от которого происходят и термины fraction, fractional - дробь, дробный. С математической точки зрения фрактал - это множество с дробной размерностью. Фрактал по первому определению Мандельброта - это множество.

По второму определению фрактал это геометрическая структура, части фрагменты которой в какой-то мере подобны самой структуре. Можно также сказать, что математическое понятие фрактала выделяет объекты, обладающие структурами различных масштабов, как больших, так и малых, и, таким образом, отражает иерархический принцип организации материи в природе. В основе этого понятия содержится одна важная идеализация действительности: фрактальные объекты самоподобны, то есть их вид не претерпевает существенных изменений при разглядывании их в микроскоп с любым увеличением. При этом линия имеет одно измерение, поверхность двумерна, а пространственная фигура трехмерна. Фрактал же – это не линия и не поверхность, а что-то среднее. Размерность объекта (показатель степени) показывает, по какому закону растет его внутренняя область. Аналогичным образом с ростом размеров возрастает "объем" фрактала, но его размерность – величина не целая, а дробная. Поэтому граница фрактальной фигуры не линия: при большом увеличении становится видно, что она размыта и вся состоит из спиралей и завитков, повторяющих в малом масштабе саму фигуру. Такая геометрическая регулярность называется масштабной инвариантностью или масштабным самоподобием, скейлингом (scaling). Она-то и определяет дробную размерность фрактальных фигур. Более того, можно сказать, что фракталы - геометрические образы хаоса, а фрактальная геометрия – геометрия хаоса, беспорядка. Ключевыми понятиями теории фракталов являются дробная размерность и масштабное самоподобие.

## 2.2. Самоподобие в системах массового обслуживания

Самоподобный трафик имеет особую структуру, сохраняющуюся при многократном масштабировании, т.е. в реализации присутствует некоторое количество выбросов при относительно небольшом среднем уровне трафика. Это явление ухудшает характеристики при прохождении самоподобного трафика через узлы сети. Самоподобные модели могут проявлять свойство долговременной зависимости, что означает проявление зависимости между событиями через достаточно большие промежутки времени. Неформально самоподобный процесс определяется как случайный процесс, статистические характеристики которого проявляют свойства масштабирования. В отличие от пуассоновских процессов самоподобные характеризуются наличием последствия: вероятность поступления следующего (очередного) события зависит не только от времени, но и от предыдущих событий (предыстории). Это означает, что число текущих событий может зависеть от числа предыдущих событий в отдаленные промежутки времени.

Существуют потоки, в которых вероятность появления следующего события зависит от наступления событий в предыдущих интервалах времени. Типичным примером таких потоков являются потоки с ограниченным последствием. Для них задается конечный набор функций распределения для соседних интервалов  $\tau_k$  между поступлением  $k$  событий. Однако такие модели учитывают лишь средние значения характеристик или их доверительные границы. Такие модели используются обычно для вычисления предварительных грубых оценок необходимой пропускной способности сети. Такие же модели целесообразно использовать и в тех случаях, когда точные и надежные значения исходных значений параметров трафика недоступны по каким-то причинам.

Однако усложнение в последнее время природы абонентского трафика приводит к тому, что не учет случайных флуктуаций может приводить к перебоям в обслуживании даже для больших узлов, поэтому

рассматриваются различные математические модели абонентского трафика, использующие и различные средства его описания. Желание пользователя получать одновременно услуги традиционной телефонии и передачи данных определяют вектор развития сетей связи. Одним из важных статистических свойств нагрузки, создаваемой современными приложениями, является наличие зависимости между отдельными ее частями, которая не исчезает при изменении шкалы времени в сторону укрупнения, как это происходит с традиционными случайными процессами, используемыми для описания нагрузки в теории телетрафика. Так, например, для пуассоновского процесса соответствующая корреляция всегда равна нулю, а для марковского процесса с конечным числом состояний - экспоненциально убывает к нулю. Интеграция в сетях с коммутацией пакетов различного по своей природе трафика, а так же особенности используемых технологий передачи данных для построения сетей связи и повышенная активность пользователей сетей, являются некоторыми из причин проявления самоподобного характера сетевого трафика или, по-другому, его фрактальных свойств. Анализ современных технологий и сетей передачи информации показывает, что необходимо рассматривать вектор абонентской нагрузки, состоящий из нескольких компонент, каждая из которых должна отражать свойства трафика некоторых групп абонентов с одинаковыми интегральными характеристиками. Так как каждая из них описывает трафик принципиально различного происхождения: например одна – голосовой трафик, вторая – трафик данных, третья – видео в режиме реального времени и т.п., то можно считать эти компоненты статистически независимыми.

Поступающий трафик состоит из смеси нескольких процессов с различными значениями параметра Херста и имеет сложную природу и трудно исследовать его свойства. Поэтому наиболее важным является выяснить, насколько существенно зависят его свойства от значений параметра Херста его компонент. С ростом параметра Херста такие статистические свойства процесса как предсказуемость, размах значений и

т.п. лишь ухудшаются. Точное определение значения параметра Херста затруднительно в том случае, когда имеется лишь одна компонента. Поэтому определить статистическими средствами все параметры, характеризующие смесь (1.2) является невозможной, особенно если интенсивности отдельных компонент являются относительно малыми. Поскольку основным параметром, характеризующим качество обслуживания сети, является вероятность потери пакетов и важной является задача определения чувствительности этого параметра от значений параметра Херста. Это означает, что при проектировании сетевых устройств необходимо учитывать все компоненты трафика; потому что возможны перегрузки в сети, которые будут возникать существенно чаще, чем расчетное значение, полученное при проектировании и устройства не смогут адекватно отразить реальный поток событий, так как в нем обнаруживается долговременная зависимость (число событий на заданном временном интервале зависит от числа событий, поступивших в отдаленные от него интервалы времени). Способом измерения такой зависимости для случайных процессов является определение функции корреляции.

Самоподобный трафик имеет особую структуру, сохраняющуюся при многократном масштабировании, то есть в реализации присутствует некоторое количество выбросов при относительно небольшом среднем уровне трафика. Самоподобные процессы можно обнаружить по нескольким равноценным признакам:

- они обладают гиперболически затухающей корреляционной функцией вида  $R(k) \approx k^{(2H-2)}L(t)$  при  $k \rightarrow \infty$ . Следовательно, корреляционная функция является не суммируемой и ряд, образованный последовательными значениями корреляционной функции, расходится  $\sum_k R(k) = \infty$ .

Эта бесконечная сумма является еще одним определением долговременной зависимости (ДВЗ), поэтому все самоподобные процессы являются долговременно зависимыми.

Последствия этого существенны, так как кумулятивный эффект в широком диапазоне задержек может значительно отличаться от того, который наблюдается в кратковременной зависимости (КВЗ) процессе (например, пуассоновский). Анализ телетрафика базируется на КВЗ, для которых ДВЗ могут вызвать серьезные последствия. Потому что ДВЗ является причиной длительных пульсаций, которые превышают средний уровень трафика и это может привести переполнению буферов и вызвать потери, задержки;

- дисперсия выборочного среднего затухает медленнее, чем величина обратная размеру выборки.

Самоподобные процессы выражены в медленном убывании дисперсии, долговременной зависимости (проявление зависимости между событиями через достаточно большие промежутки времени) и флуктуационном характере спектра мощности таких процессов.

Проще всего долговременную зависимость характеризовать одним параметром – показателем Херста  $H$ .

Среди моделей, предназначенных для имитации фрактального трафика, можно выделить следующие:

- модели на основе «динамического моделирования Маркова». Эти модели представляют собой автоматы с конечным числом состояний, изображаемые диаграммами состояний. Выходом модели является набор вероятностей появления символов;

- нейросетевые модели, которые позволяют решить задачу аппроксимации нескольких переменных по выборке путем погружения временного ряда в многомерное пространство;

- ON/OFF-модели. В этих моделях трафик рассматривается как комбинация источников, которые его генерируют. В так называемые ON-периоды они могут генерировать пакеты информации. После ON-периода следует OFF-период, когда источник не генерирует пакеты. Размер ON- и

OFF-периодов является случайной величиной, которая должна иметь конечное математическое ожидание и бесконечную дисперсию;

- мультифрактальные модели воспроизводят трафик, агрегированный от нескольких источников. Мультифрактальность трафика проявляется в изменении статистических свойств реализации трафика при изменении масштаба агрегирования;

- фрактальное броуновское движение. В основе этой модели лежит случайный процесс, начинающийся в начале координат с независимыми бесконечно малыми Гауссовскими приращениями. Для генерации фрактального броуновского движения используются алгоритмы случайного перемещения средней точки или алгоритмы последовательного случайного сложения;

- фрактальный Гауссовский шум – стохастический процесс с определенными параметрами и автокорреляционной функцией заданного вида. Эта модель имеет дополнительный параметр Херста, который количественно определяет степень фрактального масштабирования.

Результаты реализации перечисленных моделей дают возможность получить достоверное представление о поведении трафика в сети, что необходимо для проектирования и управления телекоммуникационными сетями.

Параметр  $H$  является индикатором степени самоподобия процесса, а также свидетельствует о наличии у него таких свойств как персистентность/антиперсистентность и длительная память. Для марковских процессов (без последствия) коэффициент Херста равняется 0,5. Процесс является полностью случайным, соответственно, простейший (Пуассоновский) поток еще называют «поток чистой случайности первого рода».

При  $H \in [0; 0,5]$  процессу свойственна антиперсистентность: высокие значения процесса идут за низкими и наоборот. То есть, вероятность того, что на  $(k+1)$  шаге процесс отклонится от среднего в противоположном

направлении (относительно отклонения на  $k$  шаге), настолько велика, насколько параметр  $H$  близок к 0.

В случае  $H \in [0,5; 1]$  процесс является персистентным или с длительной памятью: если в течение какого-то времени в прошлом наблюдалось увеличение параметров процесса, то и в будущем в среднем будет происходить их рост. Иными словами, вероятность того, что на шаге  $k+1$  процесс отклонится от среднего в том же направлении, что и на  $k$  шаге, настолько велика, насколько параметр  $H$  близок к 1.

Исследователи отметили одинаковость распределений исходного и агрегированного процессов, измерили параметр  $H$  и обнаружили, что для сетевого трафика показатель  $H$  находится в интервале  $(0,5; 1)$ . На качественном уровне такой трафик обладает высокой пачечностью (burstness) на многих масштабах временной оси. Коэффициент пачечности – отношение пиковой интенсивности процесса поступления заявок на обслуживание к его среднему значению. Параметр Херста  $H \in (0,5; 1)$  определяет степень самоподобия процесса. При  $H = 0,5$  самоподобие отсутствует. Чем ближе этот параметр к единице, тем более ярко проявляются фрактальные свойства или довременная зависимость (long-range dependent, LRD) в процессе. Это обозначает, что если LRD процесс имеет тенденцию к увеличению (или уменьшению) в прошлом, то с большой вероятностью он будет иметь тенденцию к увеличению (или уменьшению) в будущем.

### 2.3. Основные свойства самоподобного трафика

Пример фрактала – кривая Коха относится к классу детерминированных фракталов, т.е. объект непосредственно составляется из своих малых копий. В теории телетрафика для описания поведения величины нагрузки в сетях связи с пакетной коммутацией применяется класс случайных (стохастических) фракталов. В этом случае свойство

самоподобности (масштабной инвариантности) наблюдается лишь «в среднем», т.е. подобными являются не сами отсчеты сигнала, а, его корреляционная функция, или ПРВ на разных временных масштабах.

Самоподобные процессы обладают гиперболически затухающим коэффициентом корреляции вида

$$r(k) = \frac{1}{2} ((k+1)^{2H} - 2k^{2H} + (k-1)^{2H}) \quad (2.1)$$

или для асимптотически самоподобных процессов, корреляционной функцией

$$R(k) \approx k^{2H-2} L(t) \text{ при } k \rightarrow \infty, \quad (2.2)$$

где  $L(t)$  – медленно меняющаяся функция на бесконечности (то есть

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{L(x)}{L(r)} = 1 \text{ для всех } x > 0).$$

Следовательно, корреляционная функция является несуммируемой – ряд, образованный последовательными значениями корреляционной функции, расходится. Это свойство характеризует практически все самоподобные процессы и отличает их от процессов без долговременной зависимости, у которых корреляционная функция убывает по показательному закону и суммируема.

Долговременная зависимость является причиной ярко выраженных пульсаций процесса, однако позволяет говорить о некоторой предсказуемости в небольших пределах времени. С точки зрения теории очередей, важным следствием коррелированности потока является неприемлемость оценок параметров очереди, основанных на предположении об одинаковом и независимом распределении интервалов во входящем потоке.

Самоподобные процессы обладают медленно убывающей дисперсией. При усреднении процесса дисперсия выборочного среднего затухает медленнее, чем величина, обратная размеру выборки, по закону:

$$\sigma^2(X^m) \propto m^{2H-2}, \text{ при } m \rightarrow \infty \quad (2.3)$$

в то время как для традиционных стационарных случайных процессов

$$\sigma^2(X^m) = \frac{1}{m} \sigma^2(X), \quad (2.4)$$

т.е. уменьшается обратно пропорционально объему выборки.

Свойство медленно убывающей дисперсии говорит о возможности существенных, не сглаживаемых усреднением, «выбросов» в случайном процессе, и связывает самоподобие с таким понятием, как распределения с весомыми хвостами. Важное следствие свойства медленно затухающей дисперсии состоит в том, что в случае классических статистических тестов (например, вычисление доверительных интервалов) общепринятая мера среднеквадратического отклонения  $\sigma$  является ошибочной. С данным свойством связано и «нехарактерное» поведение индекса дисперсии, или индекса разброса, для отсчетов процесса (IDC), так же называемого *фактором Фано*. IDC определяется как отношение дисперсии числа событий на заданном временном интервале  $T$  к математическому ожиданию этой величины:

$$F(T) = \frac{\text{Var} [N(T)]}{E [N(T)]} \quad (2.5)$$

где  $N(T)$  – число событий исследуемого потока, наступивших в интервале (окне)  $T$ .

Для самоподобных процессов логарифм индекса разброса  $F(T)$  линейно возрастает:

$$\ln[F(T) - 1] = (2H - 1) \ln T + y \quad (2.6)$$

Самоподобные процессы обладают распределениями с тяжелыми хвостами. Случайная величина  $Z$  имеет распределение с тяжелым хвостом (РВХ), если вероятность  $P[Z > x] \sim cx^a$  при  $x \rightarrow \infty$ , т.е. хвост распределения затухает по степенному закону. Примером распределения с весомым хвостом является распределение Парето. При  $0 < a < 2$  величина  $Z$  обладает бесконечной дисперсией, а при  $0 < a < 1$  среднее значение также бесконечно.

Наиболее существенной особенностью случайной величины, обладающей распределением с тяжелым хвостом, является чрезвычайная изменчивость. С вероятностью, которая не является пренебрежимо малой, в выборке могут присутствовать некоторое число «очень больших» значений.

Такие распределения существенно снижают точность статистических оценок; конечный объем выборки приводит к заниженной оценке среднего и дисперсии. Наличие РВХ во внешних по отношению к рассматриваемым процессам явлениях является одной из причин возникновения самоподобия в соответствующих стохастических моделях. Часто при рассмотрении самоподобных процессов говорят о комплексе взаимосвязанных понятий: самоподобия, масштабировании, долговременной зависимости, РВХ и степенных законах статистических характеристик. Этот комплекс свойств отличает процессы, называемые самоподобными, от классических случайных процессов, например, пуассоновского.

## **Выводы**

В данной главе изложены основные свойства самоподобного трафика. Рассмотрены такие понятия как фрактальность, коэффициент Хэрста, самоподобие, хаос.

Показано, что предсказание будущего процессов с продолжительной памятью, к которым относятся самоподобные процессы, теоретически можно осуществить, зная их относительно недавнее прошлое. Также рассмотрены модели, предназначенные для имитации фрактального трафика.

### 3. МЕТОД РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТОКОВ В СЕТЯХ WDM С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА САМОПОДОБИЯ

#### 3.1. Предметная постановка задачи распределения потоков в наложенной IP/MPLS сети

Телекоммуникационная система, для которой необходимо решить задачу распределения потоков, представляет собой IP/MPLS сеть, наложенную поверх оптической транспортной сети WDM. Известно первоначальное распределение потоков в IP/MPLS сети, а также для каждого канала связи, связывающего смежные узлы LSR, известен световой путь, используемый для передачи потока этого канала в оптической WDM сети (рис.3.1).

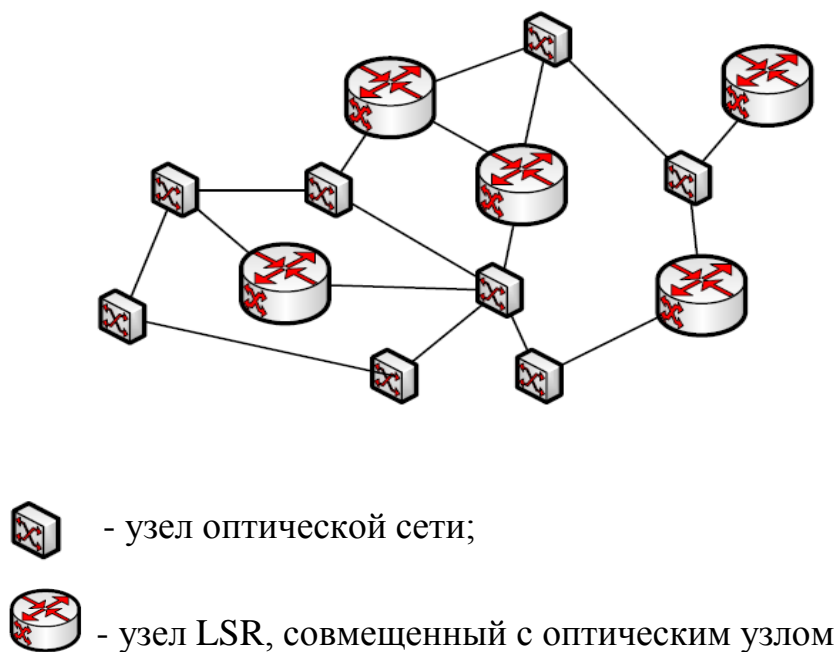


Рис.3.1. Структура проектируемой транспортной сети

Предметную постановку задачи сформулируем следующим образом.

Задано:

- логическая топология наложенной IP/MPLS сети, представленная узлами LSR и каналами связи, соединяющими узлы между собой, где

$Z^M = \{z_s^M\}$  – множество узлов IP/MPLS сети;

$B^M = \{b_{st}^M\}$  – множество каналов связи, соединяющие узлы между собой;

$c_{st}^M = c(b_{st}^M)$  – пропускные способности интерфейсных плат, используемых для организации каналов связи между узлами LSR.

- топология оптической транспортной сети, представленная узлами LSR, где установлено оборудование оптического кроссконнектора и каналами связи, соединяющими узлы между собой, где

$Z = \{z_i\}$  – множество узлов оптической сети;

$B = \{b_{ij}\}$  – множество оптических каналов связи, соединяющие узлы между собой.

В синтезируемой телекоммуникационной сети передаются информационные потоки, для которых известны их характеристики и текущие маршруты передачи на уровне IP/MPLS и световые пути на уровне оптической сети WDM:

$M^F = \{\mu_k^F\}$  – множество потоков, передаваемых в транспортной сети, где  $\mu_k^F = (z_k^S, z_k^D, \gamma_k)$  – поток между узлами  $z_k^S$  и  $z_k^D$ ,  $\{z_k^S, z_k^D\} \subset Z^M$  интенсивностью  $\gamma_k$ ;

$\Pi^M = \{\pi_k^M\}$  – множество маршрутов передачи потоков  $\mu_k^F$  в IP/MPLS сети;

$\Pi^{ON} = \{\pi_{st}^{ON}\}$  – световые пути в оптической сети для передачи потоков канала связи  $(z_s^M, z_t^M)$ .

Необходимо найти маршруты передачи  $\Pi'^M = \{\pi_k'^M\}$  для каждого потока  $\forall \mu_k \in M$ , так чтобы обеспечить минимум среднего времени задержки пакетов в сети.

### 3.2. Математическая постановка задачи распределения потоков в наложенной IP/MPLS сети

Используя выбранную модель информационных потоков в IP/MPLS сети, представленную в виде самоподобных процессов, произведем математическую постановку решаемой задачи.

Задана структура транспортной сети IP/MPLS, наложенной поверх оптической сети WDM, представленная многослойным графом  $MLG = (\{\Gamma^F, \Gamma^M, \Gamma^{ON}\}, \Gamma)$ :

$\Gamma^F = (V^F, E^F)$  – граф слоя информационных потоков, описывающий взаимодействие узлов проектируемой сети;

$\Gamma^M = (V^M, E^M)$  – граф слоя IP/MPLS сети, описывающий ее логическую топологию;

$\Gamma^{ON} = (V^{ON}, E^{ON})$  – граф слоя оптической сети, описывающий ее топологию;

$\Gamma$  – граф, связывающий слои многослойного графа.

Задано начальное распределение потоков в графе слоя IP/MPLS сети и световые пути в графе слоя оптической сети:

$M = \{\mu_k\}$  – множество потоков, протекающих в графе  $\Gamma^F$ , описываемые как  $\mu_k = (v_k^S, v_k^D, (\gamma_k, \vartheta_k, H_k))$ , где  $v_k^S$  и  $v_k^D$  – вершины источник и получатель соответственно, а  $(\gamma_k, \vartheta_k, H_k)$  – набор параметров, характеризующий протекающий самоподобный поток;

$\Pi^0 = \{\pi_k^0\}$  – пути передачи для каждого потока  $\mu_k \in M$  в графе  $\Gamma^M$  слоя IP/MPLS сети;

$f^0 = \{(\mu_k, \pi_k^0)\}$  – исходное распределение потоков в графе  $\Gamma^M$ ;

$\Pi^{ON} = \{\pi_{st}^{ON}\}$  – пути (световые пути) в графе  $\Gamma^{ON}$  протекания потоков, которые соответствуют потокам в ребрах  $e_{st}^M$  выше лежащего графа  $\Gamma^M$ .

Телекоммуникационная система, для которой нужно найти оптимальные маршруты передачи потоков, является наложенной сетью,

содержащей пакетную сеть IP/MPLS и опорную оптическую сеть WDM, на которую данная сеть наложена. Для данной телекоммуникационной сети заданы топологии каждой из сетей, ее составляющей, а также начальное распределение потоков и маршруты их передачи.

Анализ процессов, протекающих в синтезируемой сети, показал, что изменение световых путей в оптической сети не позволяет уменьшить среднее время задержки пакетов в сети. Световые маршруты в рамках решаемой задачи обеспечивают лишь связность между узлами LSR. Таким образом, уменьшение среднего времени задержки пакетов в сети возможно лишь за счет изменения маршрутов передачи потоков на уровне IP/MPLS сети. В этом случае при решении поставленной задачи можно ограничиться рассмотрением только уровня IP/MPLS сети.

При решении задачи остановимся на случае неразветвленных потоков, то есть потоков, для которых существует лишь один путь их передачи, и весь поток передается целиком по данному пути. В этом случае математически потоковую модель можно записать в следующем виде.

Задана топология IP/MPLS сети, описанная в виде графа  $\Gamma^M$ , где ребра исходного графа заменены на пару встречно ориентированных дуг:

$$e_{st}^M \Rightarrow \{\vec{e}_{st}^M, \vec{e}_{ts}^M\}, \forall e_{st}^M \in E^M. \quad (3.1)$$

Введем обозначения:

$x_{st}^k$  – переменная, отображающая, протекает ли поток  $\mu_k \in M$  по дуге  $\vec{e}_{st}^M$ ;

$f_{st} = (\gamma_{st}, \vartheta_{st}, H_{st})$  – результирующий суммарный поток в дуге  $\vec{e}_{st}^M$ , где  $\gamma_{st}, \vartheta_{st}, H_{st}$  – его параметры (интенсивность, бит/с; средняя длина пакета и параметр Херста соответственно).

Потоки, передаваемые в дугах графа  $\Gamma^M$ , обладают следующими свойствами:

$$\sum_t x_{st}^k - \sum_t x_{ts}^k = \begin{cases} 1, & z_s^M \equiv z_k^s \\ 0, & z_s^M \in Z^M \setminus \{z_k^s, z_k^d\}; \forall v_s^M \in V^M, \forall \mu_k \in M; \\ -1, & z_s^M \equiv z_k^d, \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\gamma_{st} = \sum_{\mu_k \in M} \gamma_k x_{st}^k; \quad (3.3)$$

$$\vartheta_{st} = \frac{\sum_{\mu_k \in M} \vartheta_k \gamma_k x_{st}^k}{\sum_{\mu_k \in M} \gamma_k x_{st}^k} \quad (3.4)$$

$$H_{st} = \max_{\mu_k \in M: x_{st}^k=1} (H_k) \quad (3.5)$$

Среднее время задержки пакета в сети можно определить из выражения:

$$T(\Gamma^M, c(\vec{e}_{st}^M), M, \{x_{st}^k\}) = \frac{1}{\Lambda} \sum_{\vec{e}_{st}^M \in E^M} x_{st}^k \left[ \frac{\gamma_{st}}{c_{st}} \left( 1 + \frac{\gamma_{st}^{\frac{2H_{st}-1}{2-2H_{st}}} \cdot c_{st}^{\frac{1}{2-2H_{st}}}}{(c_{st} - \gamma_{st})^{H_{st}/(1-H_{st})}} \right) \right] \quad (3.6)$$

$$\Lambda = \sum_{\mu_k \in M} \left( \gamma_k / \vartheta_k \right) \quad (3.7)$$

В результате решения оптимизационной задачи необходимо такое распределение потоков  $f = \{(\mu_k, \pi'_k)\}$ , определяемое переменными  $x_{st}^k$ , чтобы среднее время задержки пакета в сети  $T(\Gamma^M, c(\vec{e}_{st}^M), M, \{x_{st}^k\})$  было минимальным.

### 3.3. Разработка метода решения задачи распределения потоков в наложенной IP/MPLS сети с учетом эффекта самоподобия

Решаемая задача в формулировке (3.2)-(3.7) относится к задачам целочисленного нелинейного программирования и может быть решена с

применением соответствующих универсальных математических программных пакетов. Однако данный класс задач обладает относительно высокой вычислительной сложностью, что не позволяет решать задачи для случая наличия в проектируемой сети большого количества узлов.

Предлагаемый метод решения поставленной задачи базируется на ранее известном методе распределения потоков. Недостатком базового метода является то, что он основан на использовании классической модели потоков теории телетрафика, а именно модели простейшего потока, которая, как указывалось выше, не в полной мере соответствует свойствам трафика в современных мультисервисных телекоммуникационных системах. В связи с этим этот метод нуждается в доработке в направлении учета самоподобных свойств современного трафика.

Обоснуем возможность применения для решения поставленной задачи распределения потоков в транспортной сети IP/MPLS с большим количеством узлов ранее известного метода распределения потоков для неразветвленных потоков.

Поток называется неразветвленным, как уже указывалось выше, если поток от каждого требования, т.е. трафик передается только по одному пути. В случае, если все потоки, передаваемые в сети являются неразветвленными, это приводит к тому, что существует конечное множество допустимых маршрутов передачи и, следовательно, распределений потоков.

Сеть называется большой, если имеет большое число узлов, и называется сбалансированной, если интенсивности потоков  $\gamma(\mu_k)$  не слишком отличаются друг от друга.

Определим понятие сбалансированности сети математически, введя предварительно дополнительные обозначения:

$\bar{\gamma}$  – среднее значение интенсивности потока в сети IP/MPLS, передаваемого между взаимодействующими узлами LSR:

$$\bar{\gamma} \triangleq \frac{1}{K} \sum_k \gamma(\mu_k), \quad K = |M|; \quad (3.8)$$

$\bar{\gamma}^m$  – отношение между максимальным и средним значениями интенсивности потока в сети между взаимодействующими узлами LSR:

$$\gamma^m = \max_{\mu_k \in M} (\gamma(\mu_k) / \bar{\gamma}); \quad (3.9)$$

при этом  $\bar{\gamma}^m$ . Таким образом, сеть называется сбалансированной, если  $\bar{\gamma}^m \approx 1$ .

Определение большой и определение сбалансированной сети можно объединить в единое понятие большой и сбалансированной сети следующим образом. Введем коэффициент  $\eta$ :

$$\eta = \frac{\bar{\chi} \gamma^m}{(v-1) \bar{\pi}} = \frac{\chi \gamma^m}{v(v) \bar{\pi}}, \quad v = |V^M|; \quad (3.10)$$

где  $v$  – число вершин графа;

$\chi$  – число дуг графа;

$\bar{\chi} = \chi/v$  – среднее количество дуг на одну вершину графа;

$\bar{\pi}$  – средняя длина пути в графе при условии, что все требования передаются по кратчайшим путям (здесь под длиной пути понимается число дуг в пути):

$$\bar{\pi} = \frac{\sum_{\mu_k \in M} \gamma(\mu_k) |\pi_k|}{\sum_{\mu_k \in M} \gamma(\mu_k)} = \frac{\sum_{\vec{e}_{st}^M \in M} \gamma(\vec{e}_{st}^M)}{\sum_{\mu_k \in M} \gamma(\mu_k)}, \quad (3.11)$$

где  $|\pi_k|$  – длина пути для потока  $\mu_k \in M$ ;

$\gamma(\vec{e}_{st}^M)$  – интенсивность потока в дуге графа  $\vec{e}_{st}^M$ .

Сеть называется большой и сбалансированной, если  $\eta \ll 1$ .

В большой и сбалансированной сети вклад одного потока  $\gamma(\mu_k)$  в общий поток в дуге  $\gamma(\vec{e}_{st}^M)$  можно рассматривать как величину малую. Для того чтобы применять метод отклонения потока для неразветвленных потоков в больших и сбалансированных сетях, рассмотрим новую версию метода отклонения потока, которую определим как композицию отклонений, включающих каждый раз действие только для одного потока  $\mu_k$ .

Предположим, что неразветвленный поток  $f^l = \{(\mu_k, \pi_k^l)\}$  на шаге  $l$  алгоритма такой, что поток  $\mu_k$  протекает по пути  $\pi_k^l$ , где  $\pi_k^l$  – кратчайший маршрут между узлами  $(z_k^S, z_k^D)$  в метрике  $L^l = \|\|l_{ij}^l\|\|$ . Согласно методу отклонения потока, соответствующая часть  $\alpha^l \gamma(\mu_k)$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ) потока  $\mu_k$  отклоняется с пути  $\pi_k^l$  на путь  $\pi_k^{l+1}$  таким образом, чтобы целевая функция подчинялась условию

$$T(\alpha^l) = T\left((1 - \alpha^l)\gamma(f^l) + \alpha^l\gamma(\zeta) \rightarrow \min\right), \quad (3.12)$$

где поток  $f^l$  передается по пути  $\pi_k^l$ , а  $\zeta$  – по пути  $\pi_k^{l+1}$ .

Опишем метод для неразветвленных потоков (рис. 3.2).

Пусть  $f^0$  - начальный неразветвленный поток. Положим  $l = 0$ .

1. Вычисляем матрицу  $L^l = \|\|l_{ij}^l\|\|$ , где  $l_{st}^l = \frac{\partial T}{\partial \gamma} \Big|_{\gamma_{st} = \gamma_{st}^l}$ ;

$$\frac{\partial T}{\partial \gamma_{st}} = \frac{1}{\Lambda} \left[ (c_{st} \gamma_{st})^{\frac{2H_{st}-1}{2-2H_{st}}} \cdot \frac{\frac{2H_{st}-1}{2-2H_{st}} + \frac{H_{st}}{1-H_{st}} \gamma_{st} (c_{st} - \gamma_{st})^{-1} + 1}{(c_{st} - \gamma_{st})^{\frac{H_{st}}{(1-H_{st})}}} + \frac{1}{c_{ij}} \right], \quad (3.13)$$

где  $\Lambda$  – суммарная величина трафика, поступающего в сеть, пакетов/с;

$c_{st} = c(\vec{e}_{st}^M)$  – пропускная способность дуги  $\vec{e}_{st}^M$ , которая соответствует каналу связи между узлами  $z_s^M$  и  $z_t^M$ , бит/с;

$\gamma_{st}$  – интенсивность потока, протекающего по ребру  $\vec{e}_{st}^M$ ;

$H_{st}$  – параметр Херста для потока, протекающего по дуге  $e_{st}^M$ .

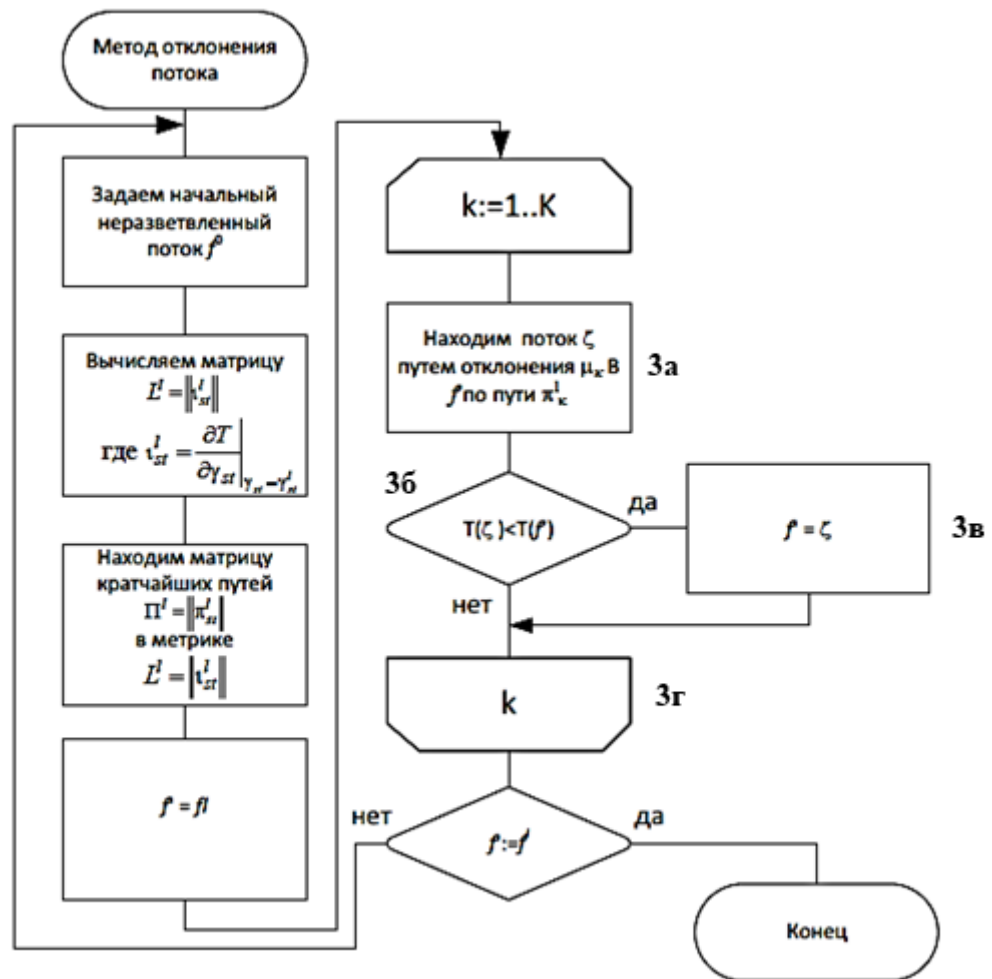


Рис.3.2. Модифицированный метод отклонения потоков для неразветвленных Потоков

2. Находим матрицу кратчайших путей  $\Pi^l = \|\pi_{ij}^l\|$  в метрике  $L^l = \|l_{ij}^l\|$ .
3. Пусть  $f' = f^l$ . Для каждого потока  $\mu_k$  выполняем следующие операции:
  - 3а. Находим поток  $\zeta$ , который получается из  $f'$  путем девиации потока  $\mu_k$  по кратчайшему пути  $\pi_k^l$ , задаваемому матрицей  $\Pi^l$ .
  - 3б. Если  $\zeta$  - допустимый поток и  $T(\zeta) < T(f')$ , то переходим к следующему шагу, в противном случае переходим к шагу 3г.
  - 3в. Примем  $f' = \zeta$ .
  - 3г. Если все потоки  $\mu_k \in M$  просмотрены, то переходим к следующему шагу, в противном случае возвращаемся к шагу 3а.

4. Если  $f' = f^l$ , то конец работы алгоритма. Метод отклонения потока больше не может улучшить неразветвленный поток. Иначе полагаем  $f^{l+1} = f'$ ,  $l = l + 1$ , и переходим к шагу 1.

Данный алгоритм сходится за конечное число шагов, так как имеется лишь конечное число неразветвленных потоков, а повторения одного и того же потока исключаются по условиям остановки.

### **3.4. Анализ метода распределения потоков в наложенной IP/MPLS сети**

При анализе метода распределения потоков предлагается следующая методика, которая состоит в том, что с применением средств имитационного моделирования будет произведен анализ вероятностно-временных характеристик функционирования сети и процессов, протекающих в ней. В дальнейшем полученные результаты будут сопоставлены с ожидаемыми результатами, полученными с применением аналитических моделей и расчетов, которые легли в основу предлагаемого метода.

Имитационное моделирование производилось в среде сетевого эмулятора ns-2.

Входным воздействием на имитационную модель являются реализации потоков, полученные в результате измерений в фрагменте мультисервисной сети. Определим параметры полученных реализаций и агрегированных временных рядов. Согласно используемой математической модели, информационные потоки в сети характеризуются следующими параметрами: средняя интенсивность передаваемой информации, средняя длина пакета, значение параметра Херста.

Для оценки величины средней интенсивности потока и средней длины пакетов использовались классические выражения математической статистики для дискретных рядов.

Оценка параметра Херста в работе производилась 6-ю методами с использованием программного пакета Selfis v.0.1b, который позволял кроме значения параметра Херста определить и точность его оценки.

Из анализа полученных данных было установлено, что для исследуемых реализаций информационных потоков характерно наличие эффекта самоподобия, что подтверждается тем, что для большинства реализаций информационных потоков значение параметра Херста  $H > 0,5$ .

В процессе проведения эксперимента система изучается в двух конфигурациях:

- в первой конфигурации маршруты передачи потоков определяются с использованием ранее известного метода отклонения потока, базирующегося на предположение о пуассоновском характере потоков;

- во второй конфигурации маршруты потоков определялись с использованием предлагаемого в работе метода распределения потоков с использование моделей самоподобных процессов.

При проведении имитационного моделирования фиксировались реализации информационных потоков, передаваемых по сети, с последующим их анализом на величину среднесетевой задержки в сети.

Эксперимент проводился для различных наборов, поступающих в сеть потоков. Реализации потоков на входе имитационной модели базировались на результатах измерения потоков в реальном сегменте мультисервисной сети. Для каждого варианта поступающего в сеть потока производилась оценка значений его параметров в рамках пуассоновской (интенсивность потока и средняя длина пакета) и самоподобной модели (интенсивность потока, средняя длина пакета и значение параметра Херста). В дальнейшем с использованием полученных значений параметров потоков производился выбор маршрутов передачи для каждого потока с использованием критерия минимума средней задержки пакета в сети.

Результаты эксперимента представлены в табл.3.1, где  $H$  – значение параметра Херста для потоков поступающих в сеть;  $\bar{T}$  – среднесетевая

задержка пакета в сети, соответствующая значению целевой функции при решении задачи,  $\bar{T}_{п.м.}$ ,  $\bar{T}_{с.м.}$  – экспериментально полученные значения задержки для конфигураций сети, рассчитанных с использованием пуассоновской модели и с использованием модели самоподобных процессов.

Таблица 4.1.

Результаты эксперимента по исследованию метода определения пропускных способностей каналов связи

Вариант набора исходных данных	$H$	$\bar{T}$ , мс	$\bar{T}_{п.м.}$ , мс	$\bar{T}_{с.м.}$ , мс	Выигрыш, %
Вариант 1	0,65	8,8	10,3	9,0	12,6
Вариант 2	0,65	4,9	6,1	5,2	14,7
Вариант 3	0,71	2,0	2,3	2,1	8,3
Вариант 4	0,71	7,2	8,6	7,3	15,1
Вариант 5	0,75	2,9	3,4	2,9	16,1
Вариант 6	0,75	3,5	4,0	3,6	10,0

Анализ результатов эксперимента (табл.3.1) позволяет сделать следующие выводы:

- применение модели самоподобного процесса позволяет более точно определить параметры потоков и обеспечить среднесетевую задержку на практике наиболее близко соответствующей величине, ожидаемой при решении задачи параметрического синтеза;

- в результате эксперимента было подтверждено, что применение методов, базирующихся на пуассоновской модели потоков, дает заниженные требования к ресурсам сети, что приводит к конфигурациям, имеющим более высокие значения среднесетевой задержки и соответственно обладающим худшими параметрами качества обслуживания;

- предложенный в работе метод распределения потоков позволяет найти более эффективные их маршруты, чем классический, за счет учета наличия в передаваемых потоках эффекта самоподобия.

Это приводит к уменьшению среднего времени задержки пакетов в сети от 8% до 16%. Таким образом, применение разработанного метода на этапе проектирования мультисервисных сетей NGN позволит повысить качество предоставления услуг.

## **Выводы**

Задача распределения потоков в IP/MPLS сети, наложенной поверх оптической сети WDM, может быть решена с использованием модификации ранее известного метода отклонения потока для неразветвленных потоков. При решении данной задачи необходимо учитывать самоподобные свойства информационных потоков, передаваемых в современных мультисервисных телекоммуникационных системах. В качестве модели потока в синтезируемой сети можно использовать модель фрактального броуновского движения. В связи с этим необходимо будет провести модификацию базового алгоритма в части расчетных выражений, методики определения параметров агрегированного потока.

В результате проведенного имитационного моделирования доказана достоверность предлагаемого метода распределения потоков в наложенной IP/MPLS сети, базирующегося на использовании моделей самоподобных процессов.

Сопоставление результатов имитационного моделирования двух конфигураций сети, распределение потоков в которой производилось с применением предлагаемого в работе метода и ранее известного метода отклонения потока показало, что предлагаемый метод позволяет более эффективно распределить потоки в сети, что приводит к уменьшению

среднего времени задержки пакетов в сети (от 8% до 16%) при поступлении на ее вход потоков с эффектом самоподобия.

## 4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЭКОЛОГИЯ

### 4.1. Психология труда

Проблемы аварийности и травматизма на современных производствах невозможно решать только инженерными методами. Часто причиной травматизма выступают не опасные условия труда, а опасные действия специалиста. Опыт свидетельствует, что в основе аварийности и травматизма часто лежат не инженерно-конструкторские дефекты, а организационно - психологические причины: низкий уровень профессиональной подготовки; недостаточное воспитание производственной дисциплины; допуск к опасным видам работ лиц с повышенным риском травматизма; пребывание людей в состоянии утомления или других психологических состояниях, снижающих надежность (безопасность) деятельности специалиста. Международный опыт и наши исследования свидетельствуют, что **50 – 80 %** травм в быту и на производстве происходит по вине самих пострадавших.

В организационном отношении психологию безопасности труда следует рассматривать как неотъемлемую часть управления трудовым процессом.

Под психологией безопасности труда понимается применение психологических знаний для обеспечения безопасности деятельности человека. Психологией безопасности труда рассматриваются психологические процессы, психологические свойства, анализируются различные формы психологических состояний, наблюдаемых в процессе трудовой деятельности. Структуру психологии безопасности труда составляют следующие направления. Психология обучения профессии и безопасности труда, психология воспитания в процессе обучения профессиональной осторожности. Знание психологии позволяет разработать оптимальные режимы труда специалистов в течение дня, недели, по

характеру деятельности и т.п. В структуре психической деятельности человека различают три основные группы компонентов: психические процессы, свойства и состояния. Психические процессы составляют основу психической деятельности. Без них невозможно формирование знаний и приобретение жизненного опыта. Различают познавательные, эмоциональные и волевые психологические процессы (ощущения, восприятия, память и др.). Психологические свойства (качества личности) – это ее существенные особенности (направленность, характер, темперамент). Среди качеств личности выделяют интеллектуальные, эмоциональные, волевые, моральные, трудовые. Свойства устойчивы и постоянны.

Психические состояния отличаются разнообразием и временным характером, определяют особенности психической деятельности в конкретный момент(период) и могут положительно или отрицательно сказываться в течение всех психических процессов. Исходя из задач психологии труда и проблем психологии безопасности труда целесообразно выделять производственные психические состояния и особые психические состояния, имеющие большое значение в организации профилактики аварийности и производственного травматизма.

Эффективность деятельности (работоспособности) человека базируется на уровне психического напряжения(стресса).Психическое напряжение оказывает положительное влияние на результаты труда до определенного предела. Превышение критического уровня активации ведет к снижению результатов труда вплоть до полной утраты работоспособности. Чрезмерные формы психического напряжения обозначаются как запредельные. Нормальная загрузка (эмоциональная стимуляция) оператора не должна превышать 40...60 % максимальной нагрузки, т.е. нагрузки до предела, когда наступает снижение работоспособности.

Запредельные формы психического напряжения вызывают дезинтеграцию психической деятельности различной выраженности, что в первую очередь ведет к снижению индивидуального свойственного человеку

уровня психической работоспособности. В более выраженных формах психического напряжения утрачивается живость и координация действий, могут появляться непродуктивные формы поведения и другие отрицательные явления. В зависимости от преобладания возбудительного или тормозного процессов можно выделить два типа запредельного психического напряжения - тормозной и возбудимый.

**Тормозной тип** – характеризуется скованностью и замедленностью движений. Специалист не способен с прежней ловкостью производить профессиональные действия. Снижается скорость ответных реакций. Замедляется мыслительный процесс, ухудшается воспоминание, появляются рассеянность и другие отрицательные признаки, не свойственные данному человеку в спокойном состоянии.

**Возбудимый тип** – проявляется гиперактивностью, многословностью, дрожанием рук и голоса. Операторы совершают многочисленные, не диктуемые конкретной потребностью действия. Они проверяют состояния приборов, поправляют одежду, растирают руки. В общении с окружающими они обнаруживают раздражительность, вспыльчивость, не свойственную им резкость, грубость, обидчивость.

Таким образом, запредельные формы психического напряжения лежат нередко в основе ошибочных действий и неправильного поведения операторов в сложной обстановке. Длительные психические напряжения и особенно их запредельные формы ведут к выраженным состояниям утомления. Среди особых психических состояний, имеющих значение для психической надежности оператора, необходимо выделить пароксизмальные расстройства сознания, психогенные изменения настроения, состояния, связанные с приемом психически активных средств (стимуляторов, транквилизаторов, алкогольных напитков).

**Пароксизмальные состояния** – группа расстройств различного происхождения (органические заболевания головного мозга, эпилепсия, обмороки), характеризующихся кратковременной (от секунд до нескольких

минут) утратой сознания. При выраженных формах наблюдаются падения человека и судорожные движения тела и конечностей. Пароксизмальные перерывы в операторской деятельности могут быть причиной губительных последствий, особенно для водителей автотранспорта, верхолазов, монтажников, строителей, работающих на высоте. Современные средства психофизиологического исследования позволяют своевременно выявлять лиц со скрытой склонностью к пароксизмальным состояниям.

Психогенные изменения настроения и аффективные состояния возникают под влиянием психических воздействий. Снижение настроения и апатия могут длиться от нескольких часов до 1...2 месяцев. Снижение настроения наблюдается при гибели родных и близких людей, после конфликтных ситуаций. При этом появляются безразличие, вялость, общая скованность, заторможенность, затруднение переключения внимания, замедление темпа мышления. Снижение настроения сопровождается ухудшением самоконтроля и может быть причиной производственного травматизма.

Под влиянием обиды, оскорбления, производственных неудач могут развиваться аффективные состояния (**аффект** – взрыв эмоций). В состоянии аффекта у человека развивается психогенное (эмоциональное) сужение объема сознания. При этом наблюдаются резкие движения, агрессивные и разрушительные действия. Лица, склонные к аффективным состояниям, относятся к категории с повышенным риском травматизации и не должны назначаться на специальности с высокой ответственностью.

Лекарственные и алкогольные изменения психического состояния связаны с употреблением психически активных средств. Прием легких стимуляторов (чай, кофе) помогает в борьбе с сонливостью и может способствовать повышению работоспособности на короткий период. Однако прием активных стимуляторов (первитин, фенамин) лицам, занятым на ответственных видах работ, способен вызвать отрицательный эффект (ухудшается самочувствие, уменьшается подвижность, скорость реакций).

Распространенное среди населения употребление транквилизаторов (седуксен, элениум) представляет особую проблему. Оказывая выраженное спокойствие и предупреждая развитие неврозов, эти препараты могут снижать психическую активность, замедлять реакции, вызывать апатию и сонливость.

Пьянство и алкоголизм также представляют серьезную проблему для безопасности труда. Недопустимость употребления алкогольных напитков в рабочее время и отрицательное влияние их на работоспособность общеизвестны. По различным данным автомобильный травматизм в 40...60 % случаев связан с употреблением алкоголя. Имеется сообщение, что смертельные случаи на производстве в 64 % случаев обусловлены приемом алкоголя и ошибочными действиями погибших. С позиции безопасности труда особое значение имеет постанкогальная астения (похмелье). Развиваясь в дни после употребления алкоголя, она не только снижает работоспособность человека, но и ведет к заторможенности и снижению чувства осторожности.

Длительное употребление алкоголя вызывает алкоголизм – болезненное привыкание к алкоголю, сопровождающееся различной степенью деградации личности. Специалисты, страдающие алкоголизмом, утрачивают свойственную им аккуратность и точность в работе. Они все чаще допускают ошибки и становятся неспособными к решению сложных творческих задач, к быстрой и правильной ориентации в ненормальных производственных ситуациях.

Большое значение в уменьшении травматизма с точки зрения психологии имеет ликвидация монотонного труда; устранение перебоев производственного процесса и штурмовщины; организация отдыха и хорошего питания; организация кабинетов психологической разгрузки; введение элементов эстетизации труда и т.д.

**Гигиена труда** – отрасль медицинской науки, изучающая трудовую деятельность человека и окружающую производственную среду с точки

зрения их возможного воздействия на организм и разрабатывающая гигиенические рекомендации для создания благоприятных и здоровых условий труда. Гигиена труда неразрывно связана с эстетикой. Эстетическая оценка явлений зависит от того, какое впечатление она оказывает на человека, на его психику. Существуют теплые цвета (красный, оранжевый, желтый); холодные (фиолетовый, голубой, зеленый). Холодные цвета успокаивают; теплые цвета возбуждают. Предметы холодного цвета кажутся более тяжелыми. Темные оттенки производят гнетущее впечатление. Светлые - увеличивают освещенность и улучшают настроение человека. Существуют таблицы, с помощью которых можно выбрать цветовую гамму для окраски интерьеров, соответствующих характеру труда. Так, если работа требует сосредоточенности, то рекомендуется применять холодные цвета. При работе периодически требующей интенсивности физической нагрузки, рекомендуются теплые цвета. Правильная эстетика интерьеров в некоторых производствах дает повышение производительности труда до 5 %.

**Физиология труда** – изучает функциональное состояние организма человека под влиянием его рабочей деятельности и физиологическое обоснование средств организации трудового процесса, способствующих длительному поддержанию работоспособности человека на высшем уровне.

#### **4.2. Виды ионизирующих излучений и их влияние на живой организм**

XXI век невозможно представить без современного и постоянно совершенствуемого ядерного оружия, разбросанных по всей территории Земного шара крупных объектов атомной энергетики и многих сложных промышленных производств, использующих в технологическом процессе различные радиоактивные вещества. Все это предопределило появление, а затем и нарастание интенсивности такого негативного фактора среды обитания, как ионизирующие излучения, представляющие значительную

угрозу для жизнедеятельности человека и требующие проведения надежных мер по обеспечению радиационной безопасности работающих и населения.

*Ионизирующее излучение* – это явление, связанное с радиоактивностью. Радиоактивность - самопроизвольное превращение ядер атомов одних элементов в другие, сопровождающееся испусканием ионизирующих излучений.

В зависимости от периода полураспада различают короткоживущие изотопы, период полураспада которых исчисляется долями секунды, минуты, часами, сутками, и долгоживущие изотопы, период полураспада которых от нескольких месяцев до миллиардов лет.

При взаимодействии ионизирующих излучений с веществом происходит ионизация атомов среды. Рентгеновское и  $\gamma$ -излучения обладают высокой проникающей способностью, и длина пробега их в воздухе достигает сотен метров.

Степень, глубина и форма лучевых поражений, развивающихся среди биологических объектов при воздействии на них ионизирующего излучения, в первую очередь, зависят от величины поглощенной энергии излучения. Для характеристики этого показателя используется понятие *поглощенной дозы*, т.е. энергии излучения, поглощенной в единице массы облучаемого вещества.

Для характеристики дозы по эффекту ионизации, вызываемого в воздухе, используется так называемая *экспозиционная доза* рентгеновского и  $\gamma$ -излучений, выраженная суммарным электрическим зарядом ионов одного знака, образованных в единице объема воздуха в условиях электронного равновесия.

Поглощенная и экспозиционная дозы излучений, отнесенные к единице времени, носят название мощности поглощенной и экспозиционной доз.

Для оценки биологического действия ионизирующего излучения наряду с поглощенной дозой используют также понятие *биологической эквивалентной дозы*.

*Ионизирующее излучение* – уникальное явление окружающей среды, последствия от воздействия которого на организм, на первый взгляд, совершенно неэквивалентны величине поглощенной энергии. В настоящее время распространена гипотеза о возможности существования цепных реакций, усиливающих первичное действие ионизирующих излучений.

Процессы взаимодействия ионизирующих излучений с веществом клетки, в результате которых образуются ионизированные и возбужденные атомы и молекулы, являются первым этапом развития лучевого поражения. Ионизированные и возбужденные атомы и молекулы в течение  $10^{-6}$ с взаимодействуют между собой, давая начало химически активным центрам.

Затем происходят реакции химически активных веществ с различными биологическими структурами, при которых отмечается как деструкция, так и образование новых, несвойственных для облучаемого организма соединений.

На следующих этапах развития лучевого поражения проявляются нарушения обмена веществ в биологических системах с изменением соответствующих функций.

Однако следует подчеркнуть, что конечный эффект облучения является результатом не только первичного облучения клеток, но и последующих процессов восстановления. Такое восстановление, как предполагается, связано с ферментативными реакциями и обусловлено энергетическим обменом. Считается, что в основе этого явления лежит деятельность систем, которые в обычных условиях регулируют естественный мутационный процесс.

Если принять в качестве критерия чувствительности к ионизирующему излучению морфологические изменения, то клетки и

ткани организма человека по степени возрастания чувствительности можно расположить в следующем порядке:

- нервная ткань;
- хрящевая и костная ткань;
- мышечная ткань;
- соединительная ткань;
- щитовидная железа;
- пищеварительные железы;
- легкие;
- кожа;
- слизистые оболочки;
- половые железы;
- лимфоидная ткань, костный мозг.

Эффект воздействия источников ионизирующих излучений на организм зависит от ряда причин, главными из которых принято считать уровень поглощенных доз, время облучения и мощность дозы, объем тканей и органов, вид излучения.

Уровень поглощенных доз - один из главных факторов, определяющих возможность реакции организма на лучевое воздействие.

### **Заболевания, вызываемые действием ионизирующих излучений**

Важнейшие биологические реакции организма человека на действие ионизирующей радиации условно разделены на две группы. К первой относятся острые поражения, ко второй - отдаленные последствия, которые, в свою очередь подразделяются на соматические и генетические эффекты.

*Острые поражения.* В случае одномоментного тотального облучения человека значительной дозой или распределения ее на короткий срок

эффект от облучения наблюдается уже в первые сутки, а степень поражения зависит от величины поглощенной дозы.

При дозах облучения более 100 бэр развивается *острая лучевая болезнь*, тяжесть течения которой зависит от дозы облучения. Дозы однократного облучения 500-600 бэр при отсутствии медицинской помощи считаются *абсолютно смертельными*.

Другая форма острого лучевого поражения проявляется в виде *лучевых ожогов*. При длительном повторяющемся внешнем или внутреннем облучении человека в малых, но превышающих допустимые величины дозах возможно развитие *хронической лучевой болезни*.

*Отдаленные последствия.* К отдаленным последствиям *соматического характера* относятся разнообразные биологические эффекты, среди которых наиболее существенными являются лейкемия, злокачественные новообразования, катаракта хрусталика глаз и сокращение продолжительности жизни.

*Лейкемия* - относительно редкое заболевание. Большинство радиобиологов считают, что вероятность возникновения лейкемии составляет 1-2 случая в год на 1 млн населения при облучении всей популяции дозой 1 бэр.

*Злокачественные новообразования.* Первые случаи, развития злокачественных новообразований от воздействия ионизирующей радиации описаны еще в начале XX столетия. Это были случаи рака кожи кистей рук у работников рентгеновских кабинетов.

Сведения о возможности развития злокачественных новообразований у человека пока носят описательный характер, несмотря на то, что в ряде экспериментальных исследований на животных были получены некоторые количественные характеристики. Поэтому точно указать минимальные дозы, которые обладают бластомогенным эффектом, не представляется возможным.

Развитие катаракты наблюдалось у лиц: переживших бомбардировки в Хиросиме и Нагасаки; у физиков, работавших на циклотронах; у больных, глаза

которых подвергались облучению с лечебной целью. Одномоментальная катарактогенная доза ионизирующей радиации, по мнению большинства исследователей, составляет около 200 бэр. Скрытый период до появления первых признаков развития поражения обычно составляет от 2 до 7 лет.

Сокращение продолжительности жизни в результате воздействия ионизирующей радиации на организм обнаружено в экспериментах на животных (предполагают, что это явление обусловлено ускорением процессов старения и увеличением восприимчивости к инфекциям). Продолжительность жизни животных, облученных дозами близкими к летальным, сокращается на 25-50% по сравнению с контрольной группой. При меньших дозах срок жизни животных уменьшается на 2-4% на каждые 100 рад.

Достоверных данных о сокращении сроков жизни человека при длительном хроническом облучении малыми дозами до настоящего времени не получено.

По мнению большинства радиобиологов, сокращение продолжительности жизни человека при тотальном облучении находится в пределах 1-15 дней на 1 бэр.

### **4.3. Цели и методы экологического мониторинга**

Неотъемлемой частью экологизации является постоянное слежение за всеми составляющими природоёмкости производства и состоянием окружающей среды - *экологический мониторинг*. Он включает в себя наблюдения за объектами природной среды, природными ресурсами, растительным и животным миром, природно-техническими системами и источниками техногенного загрязнения, а также оценку и прогноз изменений состояния природной среды и происходящих в ней под влияние антропогенной деятельности процессов. Цель экологического мониторинга - информационное обеспечение управления природоохранной деятельностью и экологической безопасностью.

С помощью набора инструментальных методов химического, физико-химического, микробиологического анализа и других видов наблюдений постоянно отслеживаются состав и техногенные загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод суши, почв, морской воды, геологической среды, а также состояние и поведение источников антропогенных воздействий. Здесь мониторинг смыкается с функциями технологического контроля. Общая схема контроля состояния окружающей среды представлена на рис. 1. Слежение за соблюдением экологических норм, регламентов и стандартов распространяется далее, включая медико-биологический контроль.

Среди мер по стабилизации экологической обстановки в Узбекистане большое значение придается созданию *Государственной системы экологического мониторинга* (ГСЭМ). Ее главная задача - обеспечение органов государственного управления и природопользователей информацией об экологической обстановке в различных регионах страны, информационная поддержка процедур принятия решений в области природоохранной деятельности и экологической безопасности.

Особое место в структуре ГСЭМ принадлежит *эколого-аналитическому контролю* (ЭАК) - системе мероприятий по выявлению и оценке источников и уровня загрязненности природных объектов вредными веществами и другими техногенными загрязнителями со стороны разных природопользователей. В сферу ЭАК входят следующие объекты:

- *воздух* (атмосферный, природных заповедников, городов и промышленных зон, рабочей зоны);
- *воды* (поверхностные, подземные, морские, талые, сточные, атмосферные осадки);
- *почвы* (в аспекте загрязнения);
- *биота* (химическое и радиоактивное загрязнение растительного покрова, почвенных зооценозов, наземных сообществ животных, птиц и насекомых, водных растений, рыб).

В ЭАК участвуют специализированные экологические и промышленно-санитарные лаборатории, выполняющие измерения и анализ на договорных основаниях.

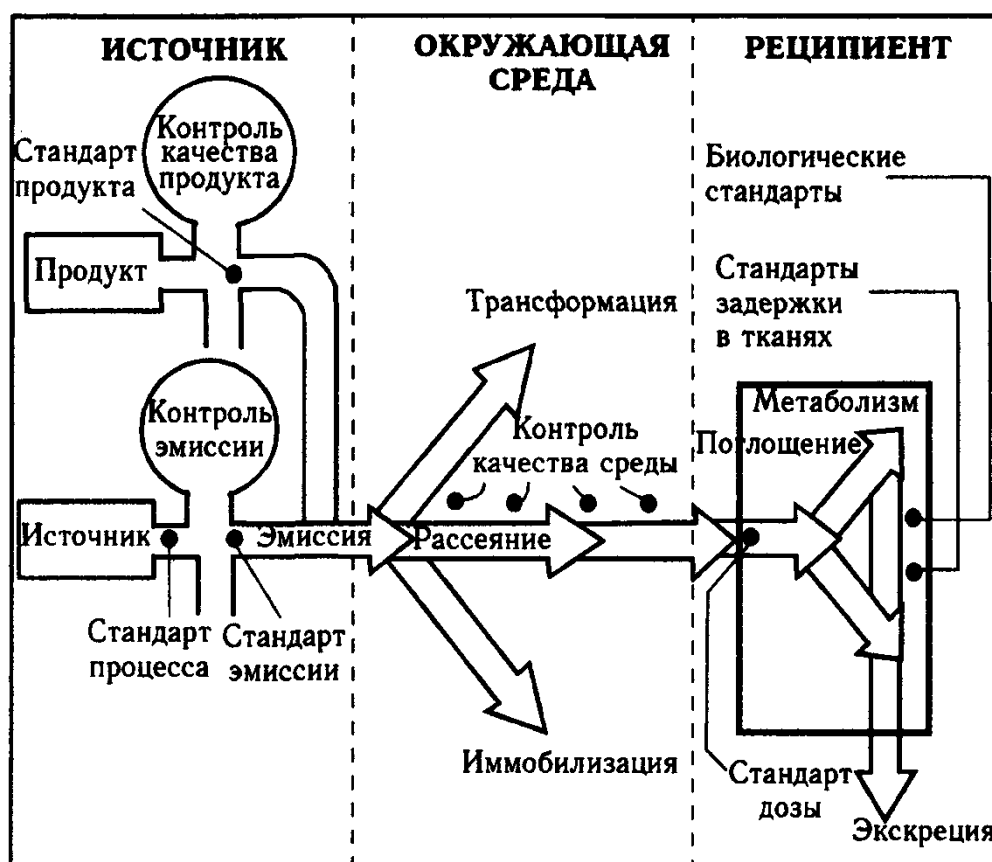


Рис.4.1. Схема пути загрязнителя с указанием пунктов стандартизации и контроля

Виды ЭАК по способу определения контролируемого параметра подразделяют на *инструментальный*, *инструментально-лабораторный*, *индикаторный* и *расчетный*. Измерения и анализ уровня загрязненности осуществляют арбитражными и экспрессными методами. Первые проводят с большой точностью за длительный период времени. Экспресс-анализ применяют для ежедневной оценки состояния природной среды и оперативного контроля источников загрязнения.

### ***Организационные формы контроля экологической регламентации***

Важным направлением экологической регламентации является контроль за соблюдением установленных нормативов.

***Экологическая аттестация и паспортизация*** предназначены для документального описания эколого-экономических характеристик объектов природоохранной деятельности - предприятий и территориально-производственных комплексов.

***Экологический паспорт предприятия*** содержит нормативно-справочную, фактографическую и отчетную информацию о природоемкости производства. Паспорт разрабатывается с целью учета всех видов техногенных воздействий на окружающую среду и сравнительного анализа вклада различных производственных процессов в общую природоемкость. Кроме краткой технико-экономической характеристики и сведений, относящихся к размещению и производственной структуре предприятия, в паспорт вносится информация об исходных данных для расчета материальных балансов, нормативы ресурсопотребления, уровни энергоемкости, технологические балансы отдельных производственных циклов, инвентаризация источников эмиссии и образующихся отходов.

***Экологический паспорт территории*** представляет собою сводную характеристику природных комплексов, социально-демографической структуры и хозяйства территории с позиций соизмерения природного и производственного потенциала. Обычно паспорт рассчитан на территорию административного района, но может быть использован и для других территориальных образований.

***Организация баз эколого-экономической информации.*** Материалы экологических паспортов территорий и расположенных в них различных хозяйственных объектов вместе с текущими данными мониторинга и отчетными статистическими сведениями образуют большой массив информации, которая должна быть определенным образом организована. Одной из форм такой организации может быть региональный

(территориальный) *банк эколого-экономической информации* (БЭЭИ) - комплекс средств для унифицированного сбора, централизованной обработки и многоцелевого использования данных о состоянии всех структур и объектов природопользования.

Принятие решений не ограничивается лишь мерами воздействия на технологические процессы или средства очистки, которые должны уменьшить интенсивность и опасность эмиссии. Возможны и другие варианты: перемещение и перераспределение мощности источников, замена технологии, увеличение санитарно-защитной зоны, создание экологического барьера, отселение людей из зоны активного влияния источника и т.п.

***Процедура ОВОС.*** В соответствии с существующими правилами любая предпроектная и проектная документация, связанная с какими-либо хозяйственными начинаниями, освоением новых территорий, размещением производств, проектированием, строительством и реконструкцией хозяйственных и гражданских объектов, должна содержать раздел «Охрана окружающей среды» и в нем - обязательный подраздел ОВОС - материалы по ***оценке воздействия на окружающую среду*** намечаемой деятельности. ОВОС - это предварительное определение характера и степени опасности всех потенциальных видов влияния и оценка экологических, экономических и социальных последствий осуществления проекта; структурированный процесс учета экологических требований в системе подготовки и принятия решений о хозяйственном развитии.

ОВОС предусматривает вариантность решений, учет территориальных особенностей и интересов населения. ОВОС организуется и обеспечивается заказчиком проекта с привлечением компетентных организации и специалистов. Во многих случаях для проведения ОВОС нужны специальные инженерно-экологические изыскания.

Общим итогом ОВОС является официальное «Заявление о воздействии на окружающую среду» (аналог в зарубежных процедурах ОВОС называется «Заявлением об экологических последствиях»). Заявление выступает как

самостоятельный документ, предназначенный для органов, принимающих решения о судьбе проектов. В нем выявляются и рекомендуются к утверждению те проектные решения, осуществление которых: не представляет никакой угрозы для здоровья людей с учетом отдаленных последствий; не связано с производством экологически опасной продукции; не приведет к критическим изменениям в природной среде в период строительства, эксплуатации и ликвидации объекта. Результаты ОВОС вместе с заявлением об экологических последствиях являются важнейшими документами, рассматриваемыми при экологической экспертизе.

*Экологическая экспертиза* - это специальное изучение хозяйственных и технических проектов, объектов и процессов с целью обоснованного заключения об их соответствии экологическим требованиям, нормам и регламентам. В соответствии с Законом РУз об охране окружающей природной среды «государственная экологическая экспертиза осуществляется на принципах обязательности ее проведения, научной обоснованности и законности ее выводов, независимости, вневедомственности в организации и проведении, широкой гласности и участия общественности». Экологическая экспертиза выполняет функции перспективного предупредительного контроля проектной документации и одновременно функции надзора за экологическим соответствием результатов реализации проектов. Закон РУз «*Об экологической экспертизе*» закрепил эту область контроля и надзора за природоохранными органами.

## **Выводы**

В данной главе рассмотрены вопросы психологии труда, виды ионизирующих излучений и заболевания, вызываемые действием этих излучений, также цели и методы экологического мониторинга.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе был предложен метод распределения потоков в сетях WDM с учетом эффекта самоподобия.

На основе анализ данного метода можно сделать следующие выводы:

- применение модели самоподобного процесса позволяет более точно определить параметры потоков и обеспечить среднесетевую задержку на практике наиболее близко соответствующей величине, ожидаемой при решении задачи параметрического синтеза;

- в результате эксперимента было подтверждено, что применение методов, базирующихся на пуассоновской модели потоков, дает заниженные требования к ресурсам сети, что приводит к конфигурациям, имеющим более высокие значения среднесетевой задержки и соответственно обладающим худшими параметрами качества обслуживания;

- предложенный в работе метод распределения потоков позволяет найти более эффективные их маршруты, чем классический, за счет учета наличия в передаваемых потоках эффекта самоподобия.

Это приводит к уменьшению среднего времени задержки пакетов в сети от 8% до 16%. Таким образом, применение разработанного метода на этапе проектирования мультисервисных сетей NGN позволит повысить качество предоставления услуг.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4702 «О создании Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан» от 4 февраля 2015 года.
2. Денисова Т. Б. Мультисервисные АТМ-сети., Москва, 2005г.
3. Гольдштейн Б.С, Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи. –СПб.: БХВ, 2010.
4. Шелухин О.И., Смольский С.М., Осин А.В. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения. / Под ред. Шелухина О.И. – М.: Физматлит, 2008.
5. Агеев Д.В. Методика определения параметров потоков на разных участках мультисервисной телекоммуникационной сети с учетом эффекта самоподобия / Д.В. Агеев, А.А. Игнатенко, А.Н. Копылев // Проблемы телекоммуникаций. – 2011. – № 3 (5). – С. 18 – 37. – Режим доступа: [http://pt.journal.kh.ua/2011/3/1/113\\_ageyev\\_method.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2011/3/1/113_ageyev_method.pdf).
6. Агеев Д.В. Структурный и параметрический синтез наложенной сети IP/MPLS поверх сети WDM с применением модели, представленной в виде многослойного графа // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – № 3(8). – С. 3-23. – Режим доступа: [http://pt.journal.kh.ua/2012/3/1/123\\_ageyev\\_mpls.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2012/3/1/123_ageyev_mpls.pdf).
7. Агеев Д.В. Параметрический синтез мультисервисных телекоммуникационных систем при передаче группового трафика с эффектом самоподобия [Электронный ресурс] / Д.В. Агеев // Проблемы телекоммуникаций. – 2013. – № 1 (10). – С. 46 - 65. – Режим доступа: [http://pt.journal.kh.ua/2013/1/1/131\\_ageyev\\_fbm.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2013/1/1/131_ageyev_fbm.pdf).
8. Зайченко Ю.П., Гонта Ю.В. Структурная оптимизация сетей ЭВМ. - К.: Техника, 1986. – 168 с.
9. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979. – 600 с.

10. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для студентов ВУЗов/ ред. Л. А. Муравий, 2002.
11. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности М.: Высшая школа. 2003.
12. Экология и безопасность жизнедеятельности. Учебник для ВУЗов. Муравий А. 2002.
13. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности. Высшая школа, М.:2003.
14. Арустамов Э.А. Безопасность жизнедеятельности / Э.А. Арустамов. - М.: Издательский Дом «Дашков и К», 2004.
15. Основы общей экологии [Текст] : (Общеобразоват. курс). Учебник для студентов высш. учеб. заведений. Пособие для учителей / Н. А. Воронков. - Изд. 4-е доработ. и доп. - М. : Агар, 1999. - 95 с. - 4 экз. - 208 сум
16. Экология для технических вузов [Текст] : учебник / В. М. Гарин, И. А. Кленова, В. И. Колесников ; Под общ. ред. проф. В. М. Гарина. - Ростов н/Д : "ФЕНИКС", 2001. - 384 с. - (Учебники для техн. вузов). - 1 экз. - 4000 с.
17. Оценка экологической опасности электромагнитного фона, создаваемого средствами мобильной радиосвязи [Текст] / В. И. Мордачев // Электросвязь. - 2007. - № 9. - 37-41. - Библиогр.: с. 41 (17 назв.)
18. [www.zionet.uz](http://www.zionet.uz)
19. [www.eco.uz](http://www.eco.uz)
20. [www.muhofaza.uz](http://www.muhofaza.uz)

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**