



Региональный семинар МСЭ для стран СНГ по развитию широкополосного доступа

Душанбе, Таджикистан, 29-30 мая 2018

Современные подходы к выбору наиболее подходящего решения по построению телекоммуникационных сетей

Вадим Каптур

кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
проректор по научной работе ОНАС им. А.С. Попова,
вице-председатель рабочей группы Совета МСЭ по защите
ребёнка в онлайн-среде,
вице-председатель Исследовательской комиссии 1
Сектора развития МСЭ, Со-докладчик по Вопросу 1/1

Современные подходы к выбору наиболее подходящего решения по построению телекоммуникационных сетей

Подход 1. Оценка современных трендов и анализ лучших практик

Ключевое преимущество: простота (низкий уровень трудозатрат)

Ключевой недостаток: вывод делается на основе чужого, не адаптированного к конкретным реалиям, опыта

Подход 2. Экспертная оценка с учётом имеющейся ситуации

Ключевое преимущество: возможность учёта имеющейся ситуации

Ключевой недостаток: высокий уровень субъективизма, отсутствие экономической оценки

Подход 3. Имитационное моделирование с целью оценки экономической целесообразности

Ключевое преимущество: высокий уровень объективности, возможность учёта экономической целесообразности

Ключевой недостаток: сложность (большой уровень трудозатрат)



**Применение упрощенного метода анализа иерархий
для сравнения вариантов построения сети**
(Подход - Экспертная оценка с учётом имеющейся ситуации)

Committed to connecting the world



ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА

Метод основан на базе упрощенного варианта метода анализа иерархий и **заключается** в определении взвешенного показателя каждой технологии на основании балльных оценок перечня эксплуатационно-технических критериев и их весовых коэффициентов, полученных путем их парного сравнения

Особенность метода: в процессе анализа происходит взаимное обсуждение каждого критерия группой экспертов, в результате чего обеспечивается рациональное объединение экспертных мнений и, как результат, принятие обобщенной оценки каждого критерия сравниваемых технологий

ЕДИНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА

Для определения единой комплексной сравнительной оценки рассматриваемых технологий применяется выражение:

$$Q = \sum_{i=1}^n K_i B_i$$

где K – весовой коэффициент i -го критерия
 B – балльная оценка i -го критерия

КРИТЕРИИ СРАВНЕНИЯ (на примере технологий доступа)

Критерии сравнения выбираются исходя из **основных функциональных отличий технологий**

Примеры критериев:

- 1) Пропускная способность канала
- 2) Максимальное расстояние к абоненту
- 3) Поддержка резервирования
- 4) Эффективность управления действиями абонента
- 5) Доступность оборудования
- 6) Доступность специалистов
- 7) Распространение технологии
- 8) Уровень стандартизации
- 9) Совместимость со средой передачи
- 10) Совместимость оборудования разных производителей

ПРИМЕР СРАВНЕНИЯ КРИТЕРИЕВ

Матрица сравнения

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1
2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1
3	0	0	1	2	1	0	2	1	1	0
4	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
5	0	0	1	2	1	0	2	1	1	0
6	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1
7	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
8	0	0	1	2	1	0	2	1	1	0
9	0	0	1	2	1	0	2	1	1	0
10	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1

ПРИМЕР БАЛЛЬНЫХ ОЦЕНОК ВЫБРАННЫХ КРИТЕРИЕВ

Фрагмент таблицы балльных оценок

№	Критерий	Технологии построения сетей доступа								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Пропускная способность канала связи (от 1 до 10 баллов)	5	1	1	10	10	7	2	1	10
2	Максимальная длина участка (от 1 до 10 баллов)	9	2	1	1	1	2	2	10	10

1 - DOCSIS,

2 - ADSL,

3 - SHDSL,

4 - Ethernet,

5 - Wi-Fi,

6 - Wi-Max,

7 - ADSL2+,

8 - CDMA,

9 - LongTermEvolution (LTE)

ЕДИНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА (ПРИМЕР)

(i)	Критерий	K _i	Балльная оценка								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Пропускная способность канала связи	0,16	5	1	1	10	10	7	2	1	10
2	Максимальное расстояние до абонента	0,16	9	2	1	1	1	2	2	10	10
...											
7	Распространение технологии	0,02	5	10	10	10	10	2	10	3	1
...											
Q			5,32	5,66	6,4	8,24	7,68	4,8	6,72	4,9	4,86

Лидеры:

4 - **Ethernet** **Q=8,24**

5 - **Wi-Fi** **Q=7,68**

7 - **ADSL2+** **Q=6,72**



Выбор технологических решений построения телекоммуникационных сетей

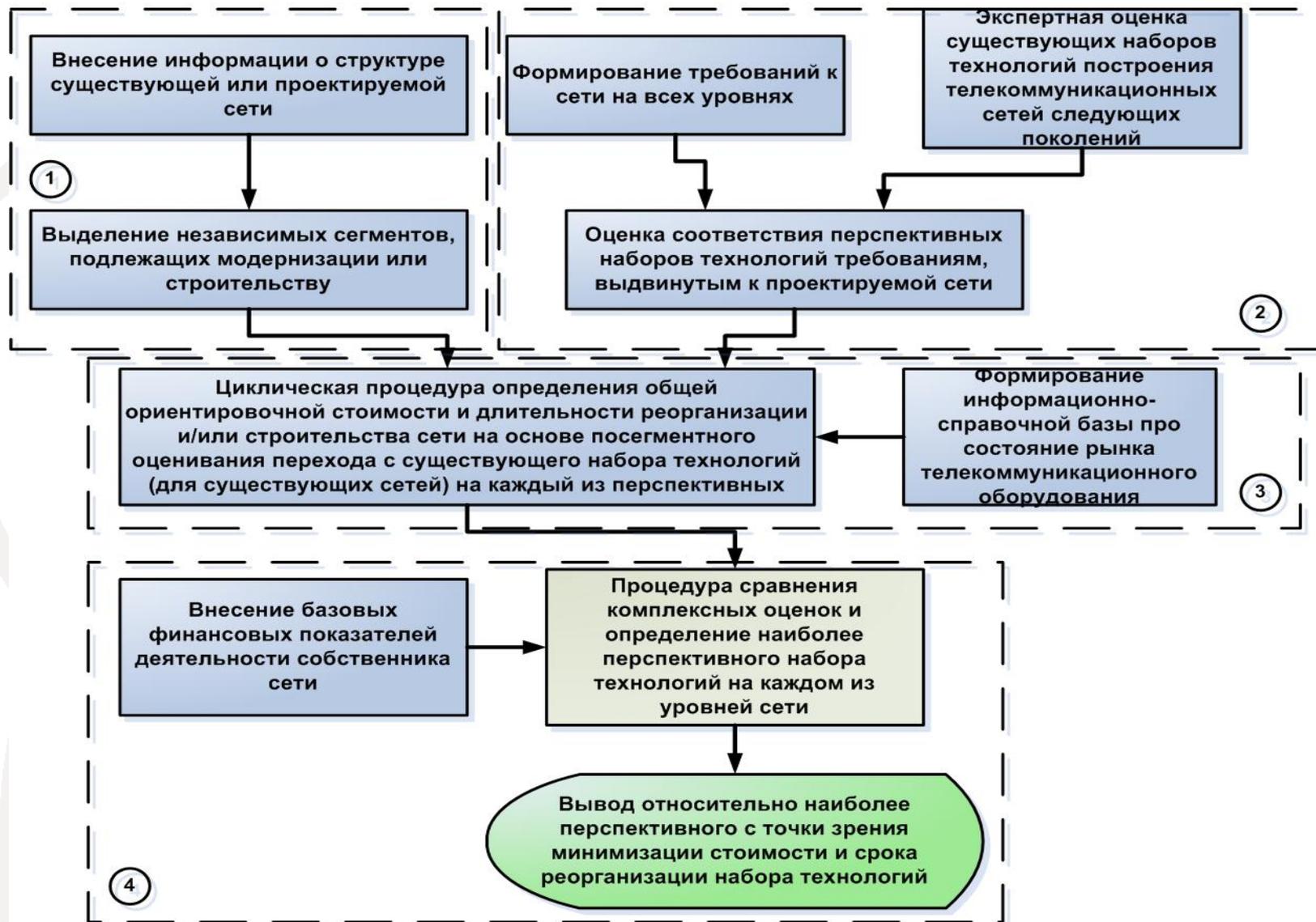
Вариант 1

(Подход - Имитационное моделирование с целью оценки экономической целесообразности)

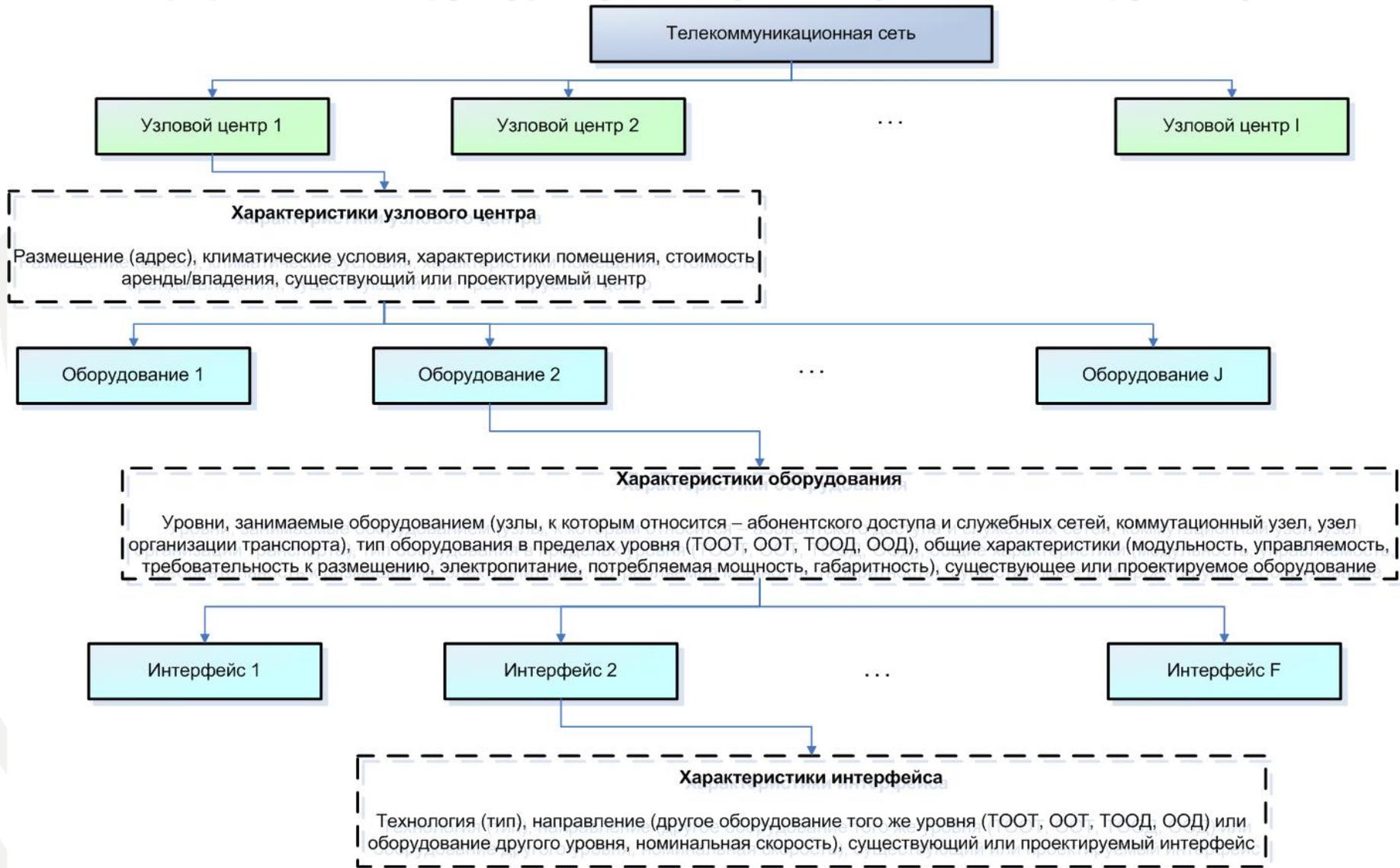
Committed to connecting the world



Методика выбора технологических решений построения NGN



Информация о структуре существующей (или проектируемой)



Матрица взаимоподключений

	111	121	211	221	311	321	331	332	411	421	511	512	521	522	611	711
111	x	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
121	0	x	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
211	1	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
221	0	0	0	x	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
311	0	1	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
321	0	0	0	1	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
331	0	0	0	0	0	0	x	0	1	0	0	0	0	0	0	0
332	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	1	0	0	0	0	0
411	0	0	0	0	0	0	1	0	x	0	0	0	0	0	0	0
421	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	1	0	0	0	0
511	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	x	0	0	0	0	0
512	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	x	0	0	0	0
521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	1	0
522	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	1
611	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	x	0
711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	x

Матрица взаимоподключений

		ООТ №1				ООТ №2				...	ООТ №М			
		Интерфейс №1	Интерфейс №2	...	Интерфейс №А	Интерфейс №1	Интерфейс №2	...	Интерфейс №В		Интерфейс №1	Интерфейс №2	...	Интерфейс №С
ООТ №1	Интерфейс №1	-								..				
	Интерфейс №2		-							..				
	...			-						..				
	Интерфейс №А				-					..				
ООТ №2	Интерфейс №1					-				..				
	Интерфейс №2						-			..				
	...							-		..				
	Интерфейс №В								-	..				
...
ООТ №М	Интерфейс №1									..	-			
	Интерфейс №2									..		-		
			-	
	Интерфейс №С									..				-

Выделение независимых сегментов сети

Квадратная матрица взаимоподключений, где в каждом рядке и столбце только один элемент может принимать значение „единица“ - что символизирует взаимоподключение двух интерфейсов. Все другие элементы должны быть инициализированы нулевыми значениями. Каждый рядок (или столбец) матрицы однозначно характеризует интерфейс в сети оператора (номер узлового центра, порядковый номер оборудования в пределах узлового центра и порядковый номер интерфейса в пределах единицы оборудования)

Инициализация общего счетчика независимых сегментов сети

$X = 0$

Цикл прохождения интерфейсов сети (пока счетчик меньше (или равен) общему количеству интерфейсов N , направленных на другое оборудование этого же уровня)
 $I = 1 \dots N$

Да

Включен ли интерфейс к какому-либо сегменту?

Нет

Инициализация нового независимого сегмента сети
 $X = X + 1$

Добавить интерфейс I к сегменту X

Рекурсивная процедура поиска других элементов сегмента для интерфейса I

Из матрицы A определить другой интерфейс J в сети, к которому подключен интерфейс I

Да

Включен ли интерфейс к какому-либо сегменту?

Нет

Добавить интерфейс J к сегменту X

Рекурсивная процедура поиска других элементов сегмента для интерфейса J

Массив независимых сегментов сети размером X . Каждый элемент массива представлен в виде вектора каналов связи, каждый из которых объединяет два интерфейса между собой

Номер интерфейса F , для которого производится поиск

Начало рекурсивной процедуры поиска элементов сегмента для интерфейса

Цикл прохождения интерфейсов сети (пока счетчик меньше (или равен) общему количеству интерфейсов N , направленных на другое оборудование этого же уровня)
 $I = 1 \dots N$

Да

$I = F$

Нет

Интерфейс I принадлежит к тому же оборудованию, что и интерфейс F ?

Нет

Да

Да

Включен ли интерфейс I к какому-либо сегменту?

Нет

Добавить интерфейс I к сегменту X

Рекурсивная процедура поиска других элементов сегмента для интерфейса I

Да

Из матрицы A определить другой интерфейс J в сети, к которому подключен интерфейс I

Нет

Включен ли интерфейс к какому-либо сегменту?

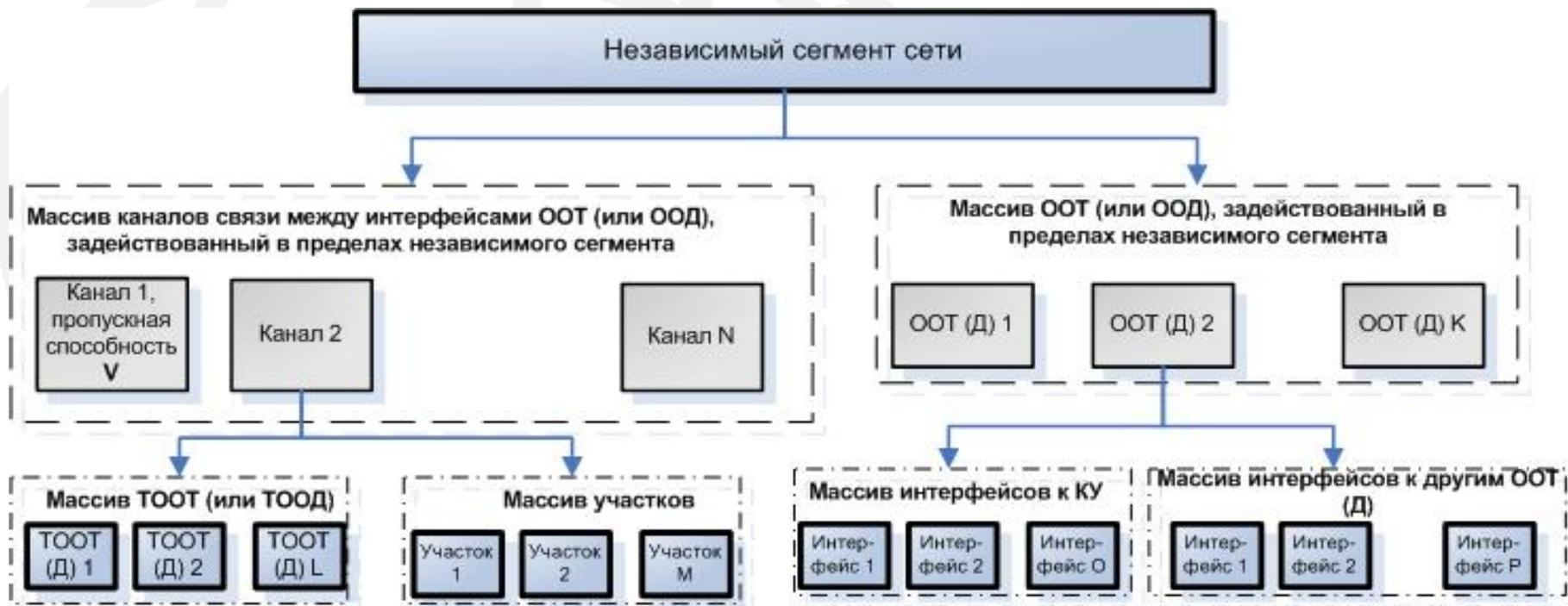
Да

Добавить интерфейс J к сегменту X

Рекурсивная процедура поиска других элементов сегмента для интерфейса J

Конец рекурсивной процедуры поиска элементов сегмента для интерфейса

Информация про независимый сегмент сети



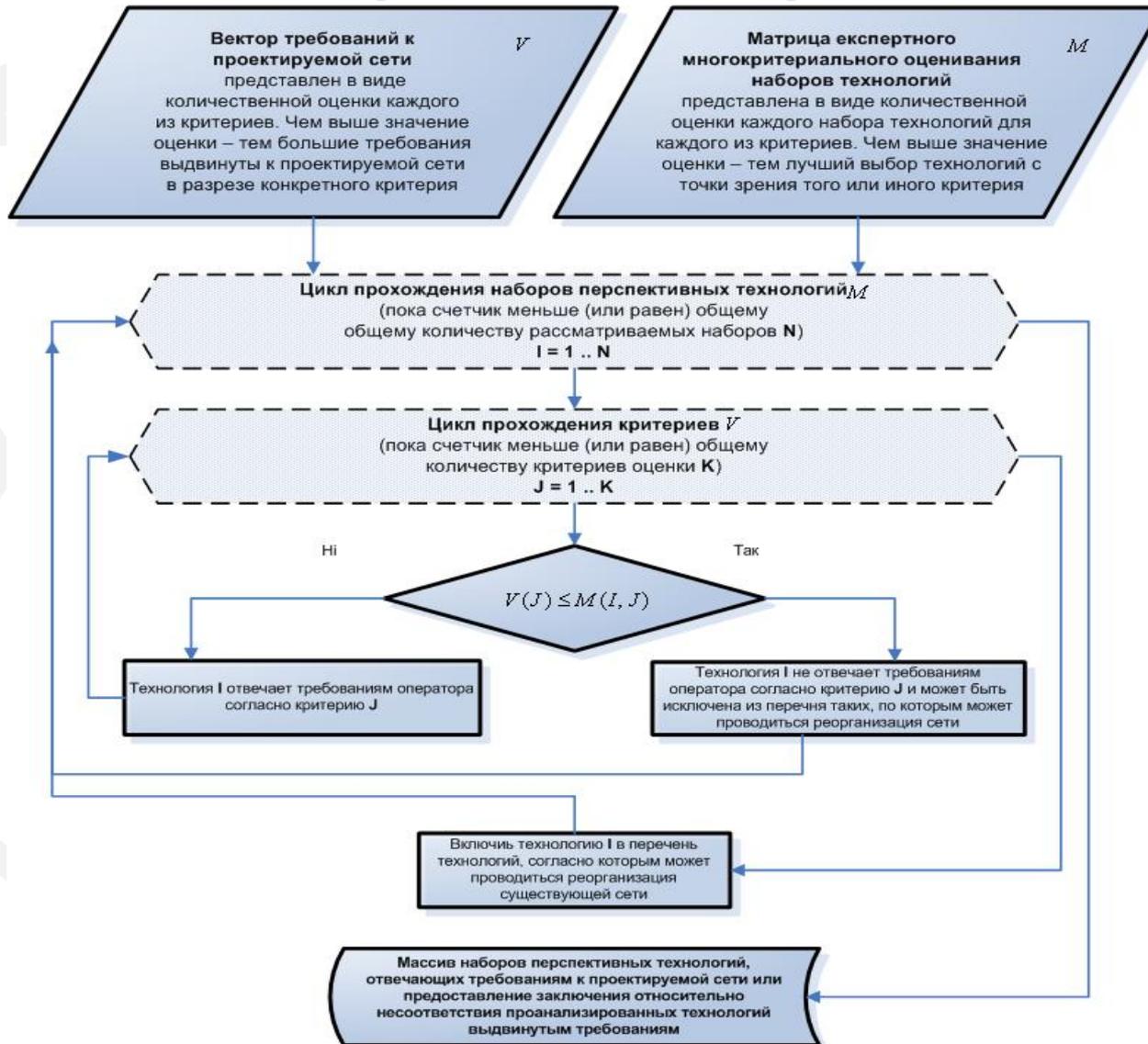
Критерии оценивания (часть 1)

- **пропускная способность канала связи** – критерий, определяющий максимальную пропускную способность канала связи, которая может быть достигнута при использовании той либо другой технологии (измеряется в бит/с или с помощью балльной оценки с отображением скорости на балльную шкалу);
- **максимальная длина транспортного участка** – критерий, который используется исключительно для оценки технологий построения транспортных сетей и определяет максимальное (согласно стандарту или рекомендации) расстояние, на которое может быть организован канал связи с использованием той либо иной технологии (измеряется в км);
- **максимальное расстояние к абоненту** – критерий, который используется исключительно для оценки технологий построения сетей доступа и определяет максимальное (согласно стандартам или рекомендациям) расстояние, на которое может быть организован канал связи между абонентским устройством и коммутирующим оборудованием оператора (измеряется в км.);
- **время возобновления связи** – критерий, определяющий ориентировочное время возобновления связи (обновляется возможность передачи полезной информации) на участке сети, построенном с использованием той либо иной технологии, после возобновления физического канала (измеряется в мс);
- **максимальная скорость передачи полезной информации** – критерий, который определяет максимально допустимую скорость передачи полезной информации (косвенно отображает избыточность), которая может быть достигнута при использовании той либо иной технологии (измеряется в Гбит/с);
- **возможность управления нагрузкой** – критерий, который отображает поддержку той либо иной технологией механизмов управления нагрузкой в сети (гибкость маршрутизации, поддержка динамичной реконфигурации и т.д.). Может оцениваться, например, с помощью балльной оценки (определяется путем экспертного оценивания или путем определения четкого соответствия того либо иного набора механизмов управления тому либо иному значению балльной оценки);
- **поддержка резервирования** – критерий, который отображает поддержку той либо иной технологией механизмов резервирования каналов связи (возможность переключения в автоматическом режиме на резервное направление в случае выхода из строя основного). Может оцениваться, например, с помощью балльной оценки, которая определяется исходя из замкнутой системы значений;
- **эффективность управления** – критерий, отображающий эффективность системы управления, используемой той либо другой технологией построения транспортной сети оператора с учетом ее типа (централизованная, распределенная, гибридная). Может оцениваться, например, с помощью балльной оценки, определяемой исходя из замкнутой системы значений;

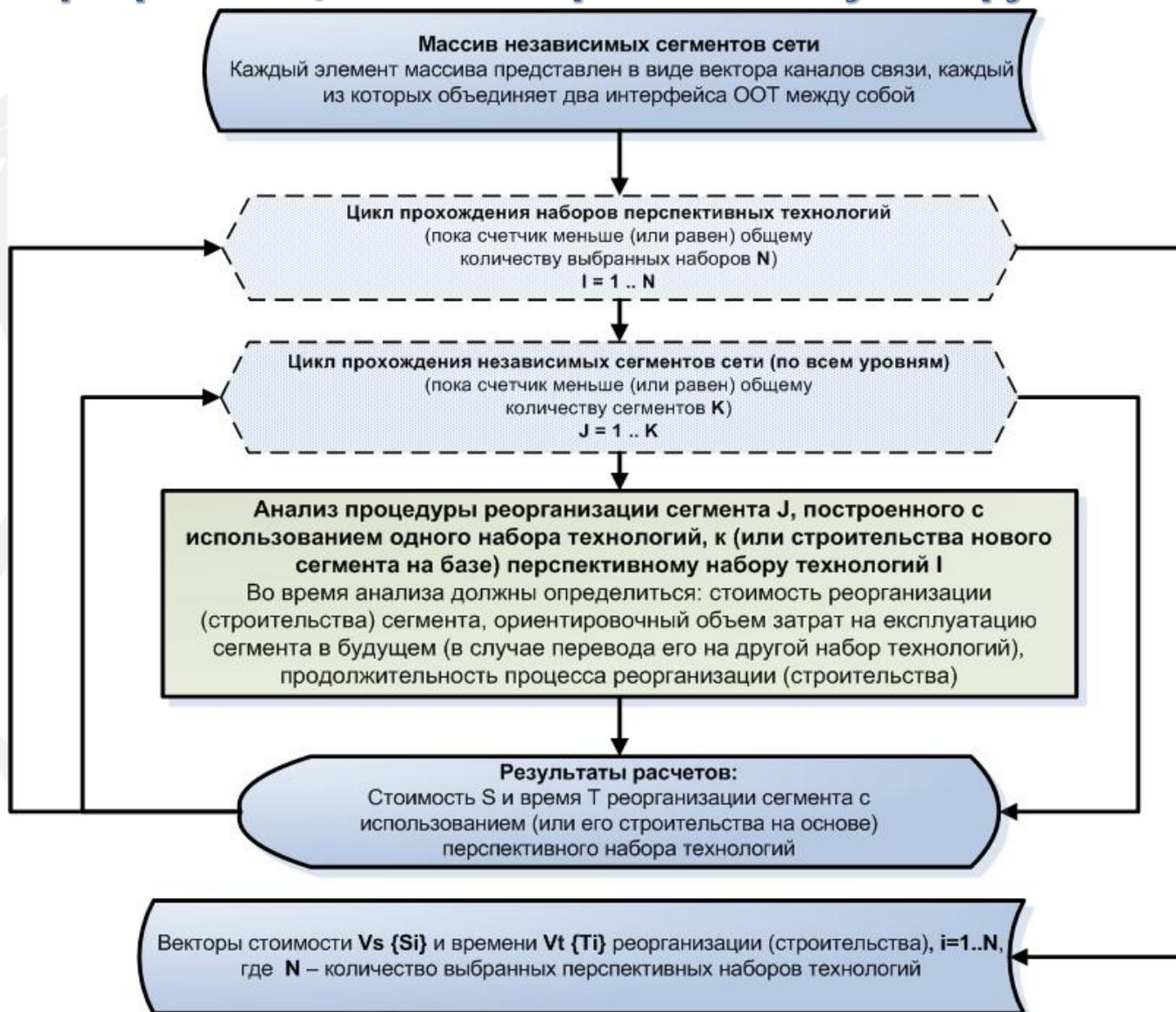
Критерии оценивания (часть 2)

- **доступность оборудования** – критерий, отображающий наличие (или отсутствие) достаточно большого рынка производителей и моделей оборудования, которое может быть использовано для строительства транспортной сети с использованием той либо другой технологии. Может оцениваться с помощью балльной оценки (определяется путем экспертной оценки или путем установления четкого соответствия того или иного диапазона количества производителей оборудования тому или иному значению балльной оценки);
- **доступность специалистов** – критерий, отображающий наличие (или отсутствие) достаточного количества специалистов на местном рынке труда, которые могут быть задействованы для строительства, развития и текущего обслуживания оборудования той или иной технологии построения транспортной сети оператора. Может оцениваться с помощью балльной оценки определенной путем экспертного оценивания;
- **наличие готовых решений** – критерий, отображающий наличие (или отсутствие) примеров реализации транспортных сетей операторов телекоммуникаций на базе той или иной технологии. Может оцениваться с помощью балльной оценки путем установления четкого соответствия того или иного диапазона внедрений тому или иному значению балльной оценки;
- **уровень стандартизации** – критерий, отображающий уровень стандартизации той или иной технологии построения транспортных сетей. Может оцениваться с помощью балльной оценки путем установления четкого соответствия уровня стандартизации (есть принятые стандарты, регламентировано на уровне рекомендаций, существует в промежуточных вариантах и т.д.) тому или иному значению балльной оценки;
- **совместимость с видами нагрузки** – критерий, отображающий совместимость той или иной технологии построения транспортных сетей с разными типами полезной нагрузки (IP-трафик, цифровые потоки Ex/Tx и т.д.). Может оцениваться с помощью балльной оценки путем установления четкого соответствия уровня совместимости тому или иному значению балльной оценки;
- **совместимость со средой передачи** – критерий, отображающий совместимость той или иной технологии построения транспортных сетей с разными типами среды передачи (ВОЛС, радио эфир, медные кабели). Может оцениваться с помощью балльной оценки путем установления четкого соответствия того или иного набора сред передачи тому или иному значению балльной оценки;
- **поддержка управления действиями абонента** – наличие возможности оборудования управлять или ограничивать действия абонента, которые могут привести к нестабильной работе сети доступа, или являются противоправными действиями. Может оцениваться с помощью схемы «да-нет», наличие возможности управления – 1, отсутствие – 0;
- **совместимость оборудования разных производителей** – критерий, отображающий возможность использования оборудования, необходимого для построения транспортной сети с помощью той или иной технологии, выпускаемого разными производителями. Может оцениваться по количеству производителей, заявляющих о совместимости своего оборудования.

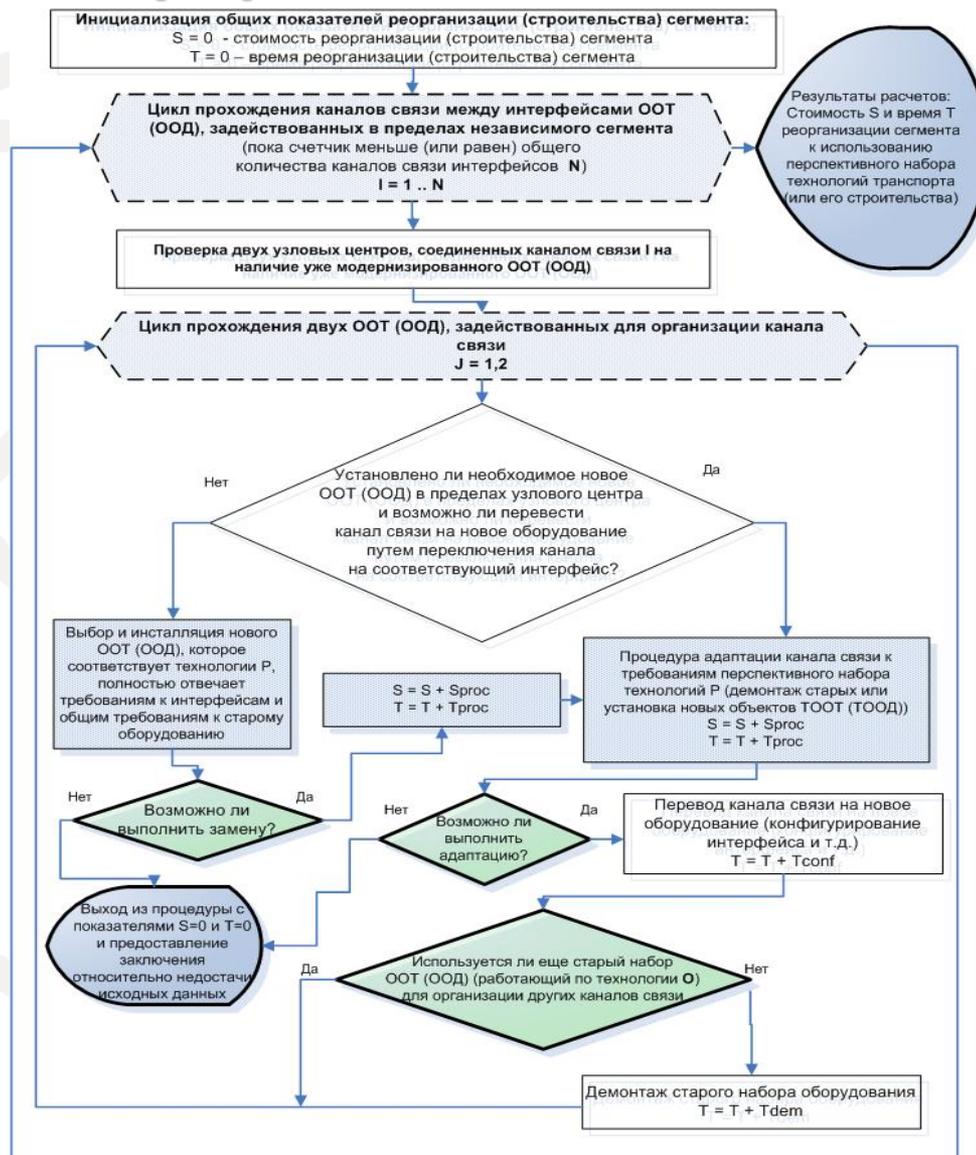
Выделение перспективных наборов технологий



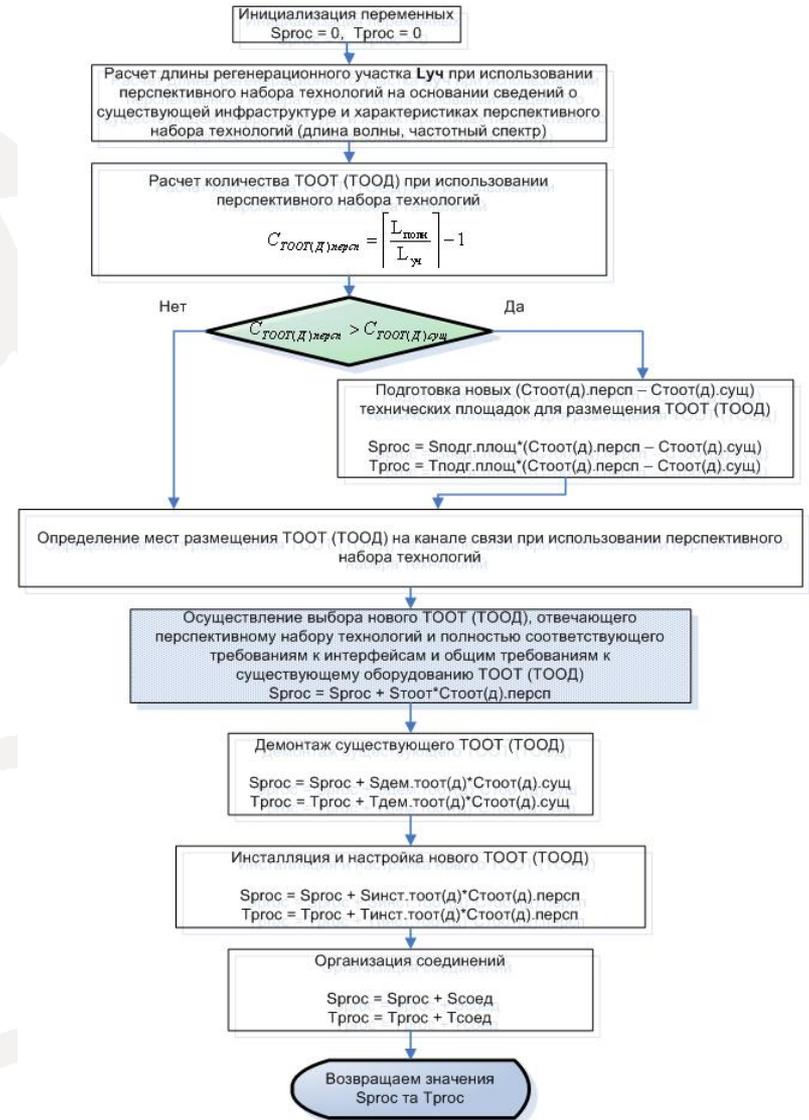
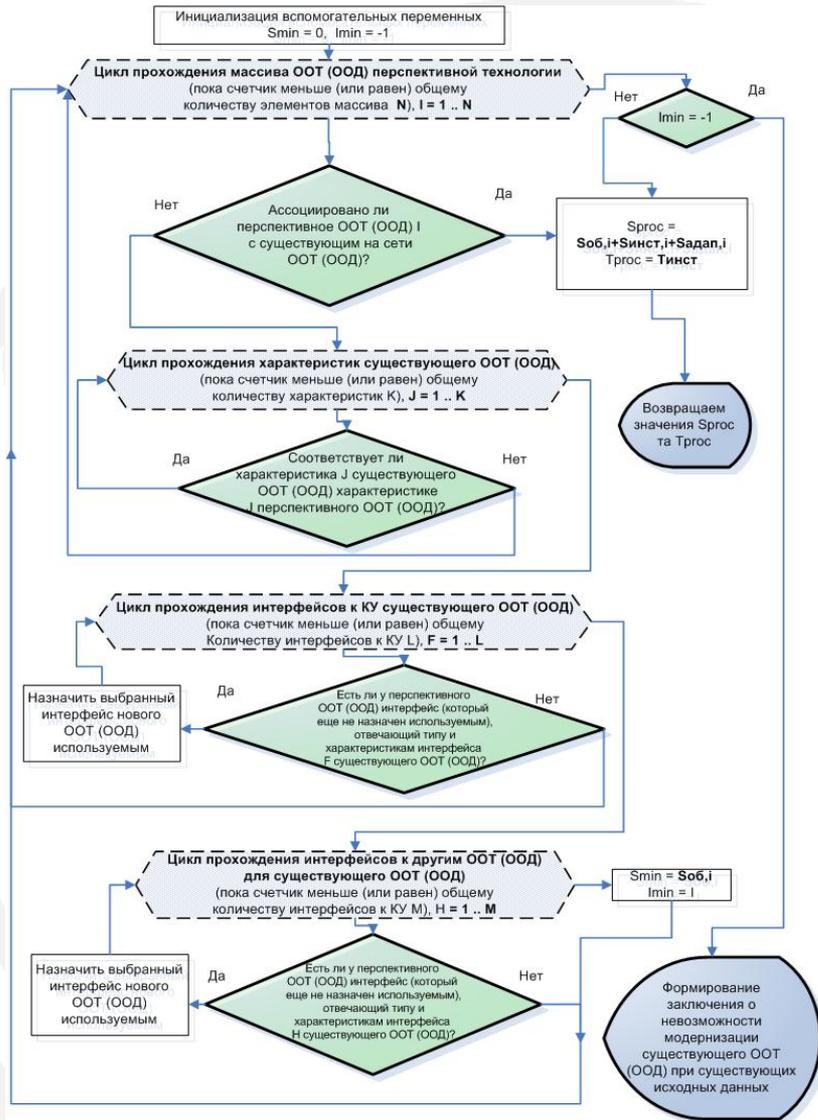
Оценка реорганизации сети к перспективному набору технологий



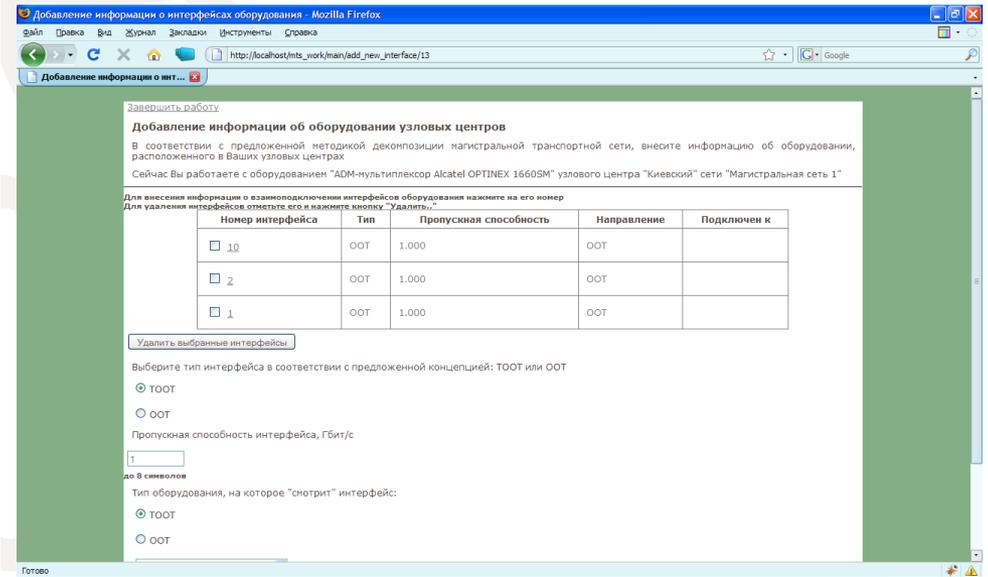
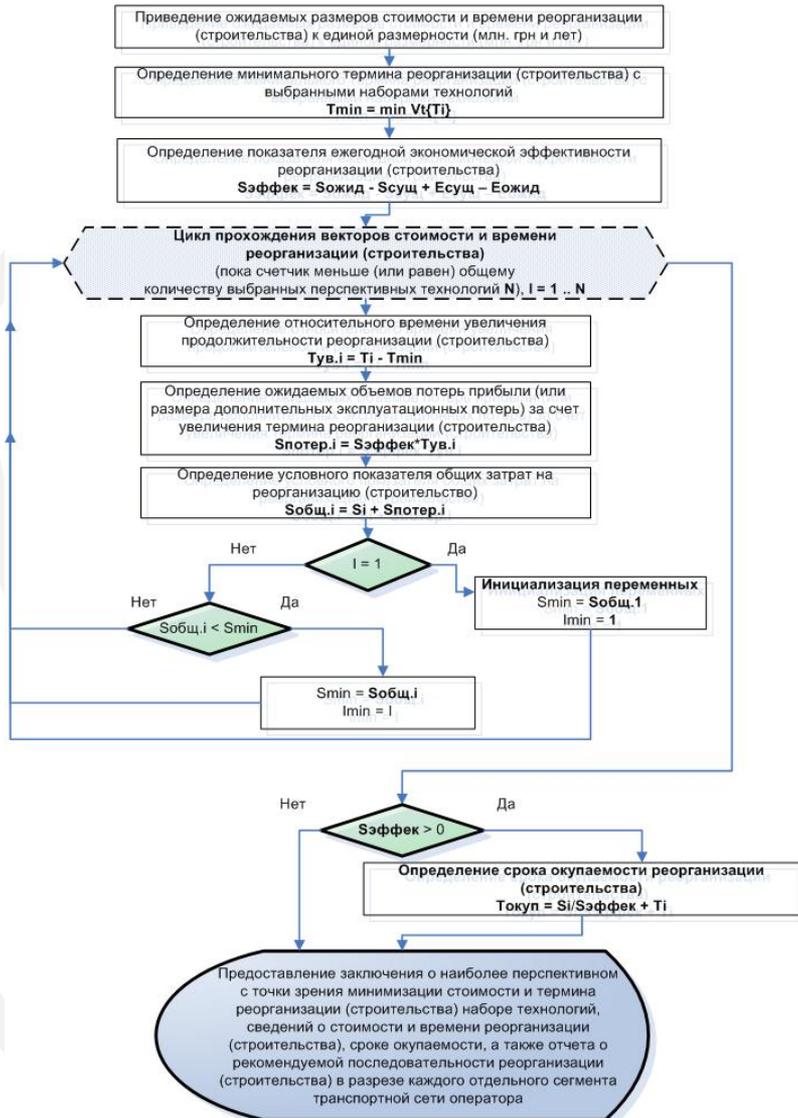
Оценка реорганизации независимого сегмента



Замена ООТ (ООД) и модернизация канала связи



Определение стратегии реорганизации (строительства)





Выбор технологических решений построения телекоммуникационных сетей

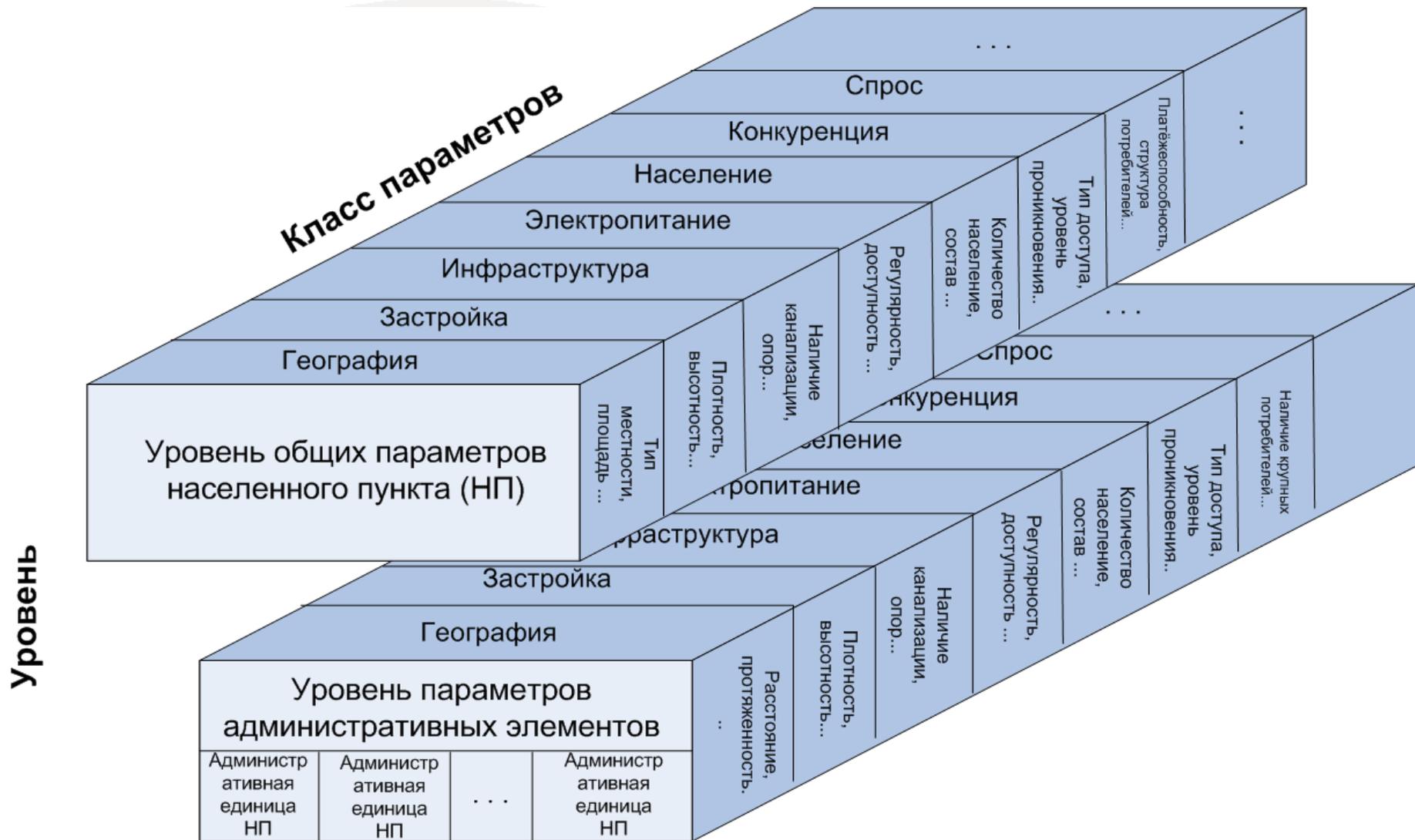
Вариант 2

(Подход - Имитационное моделирование с целью оценки экономической целесообразности)

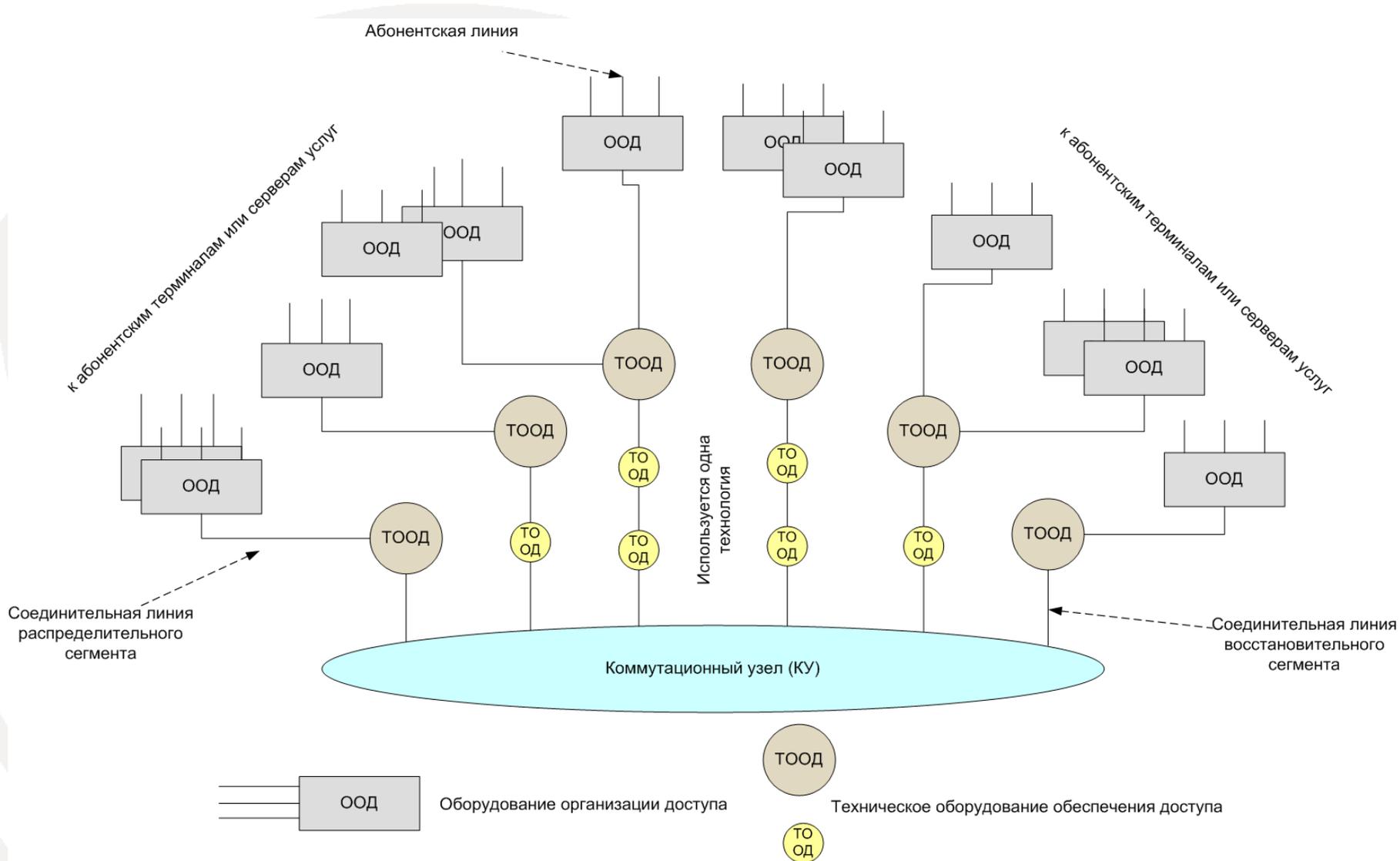
Committed to connecting the world



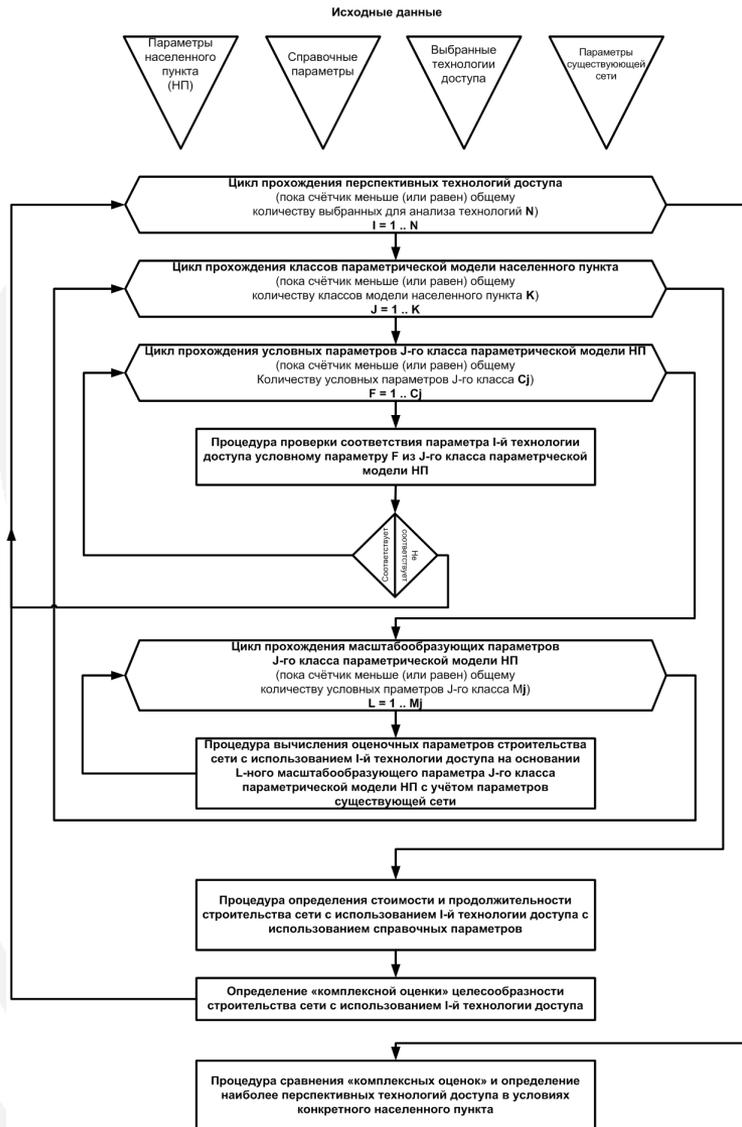
Обобщённая модель типичного населённого пункта



Обобщённая модель построения современной сети доступа



Базовый алгоритм методики



Шаг 1. Оценка возможности строительства сети с использованием определённой технологии

Шаг 2. Определение стоимости и продолжительности строительства сети доступа:
в Шаг 2.1. Определение количества активного оборудования и количества мест для его установки

в Шаг 2.2. Определение протяжённости линий связи и необходимой канализации

в Шаг 2.3. Определение стоимости оборудования

и материалов

в Шаг 2.4. Определение стоимости и продолжительности работ

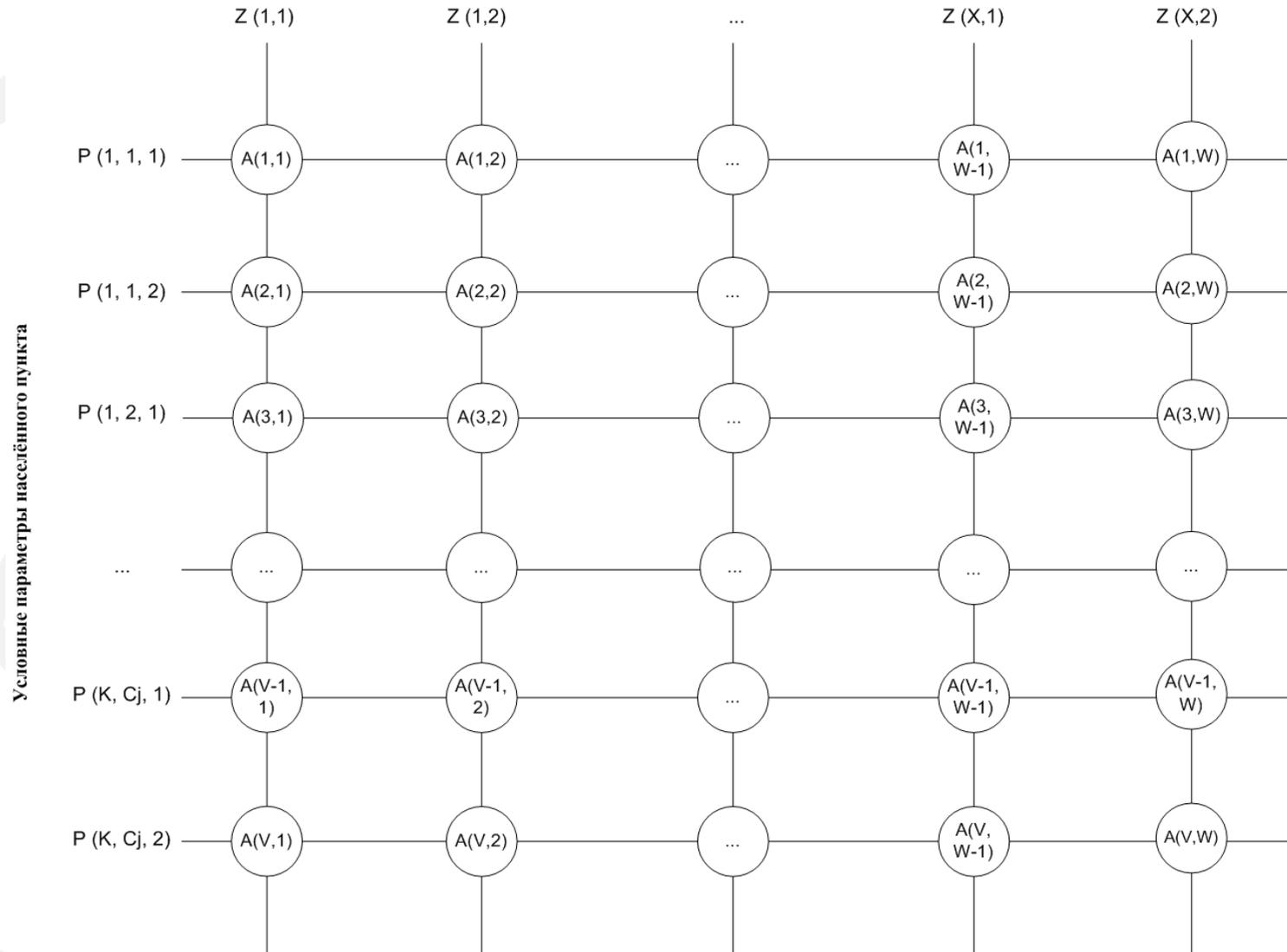
Шаг 3. Выбор наиболее перспективного технического решения:

в Шаг 3.1. Определение стоимости эксплуатации сети доступа

в Шаг 3.2. Определение «чистого денежного потока»

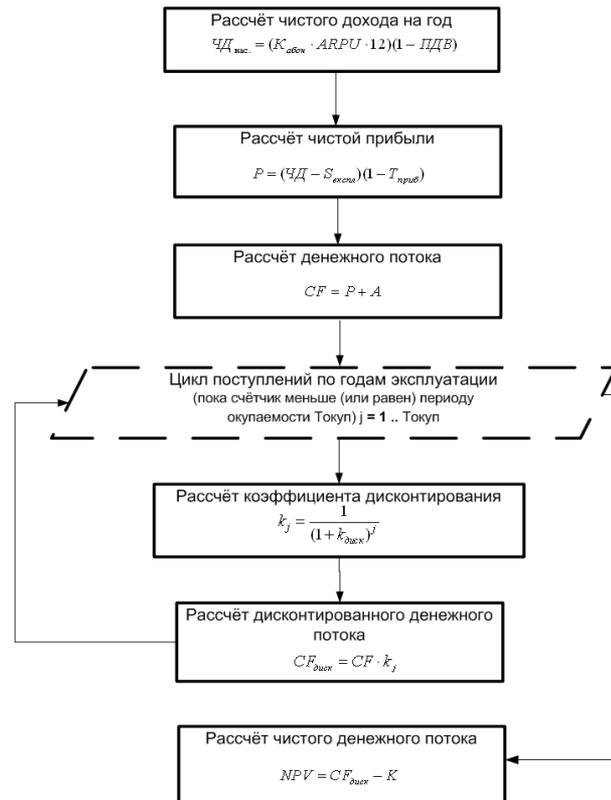
Матрица совместимости

Качественные параметры технологий доступа



Committed to connecting the world

Определение «чистого денежного



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Committed to connecting the world