



# 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 <sub>i</sub>	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
...											
<b>Q</b>			<b>5,32</b>	<b>5,66</b>	<b>6,4</b>	<b>8,24</b>	<b>7,68</b>	<b>4,8</b>	<b>6,72</b>	<b>4,9</b>	<b>4,86</b>

**Лидеры:**

4 - **Ethernet**      **Q=8,24**

5 - **Wi-Fi**        **Q=7,68**

7 - **ADSL2+**      **Q=6,72**



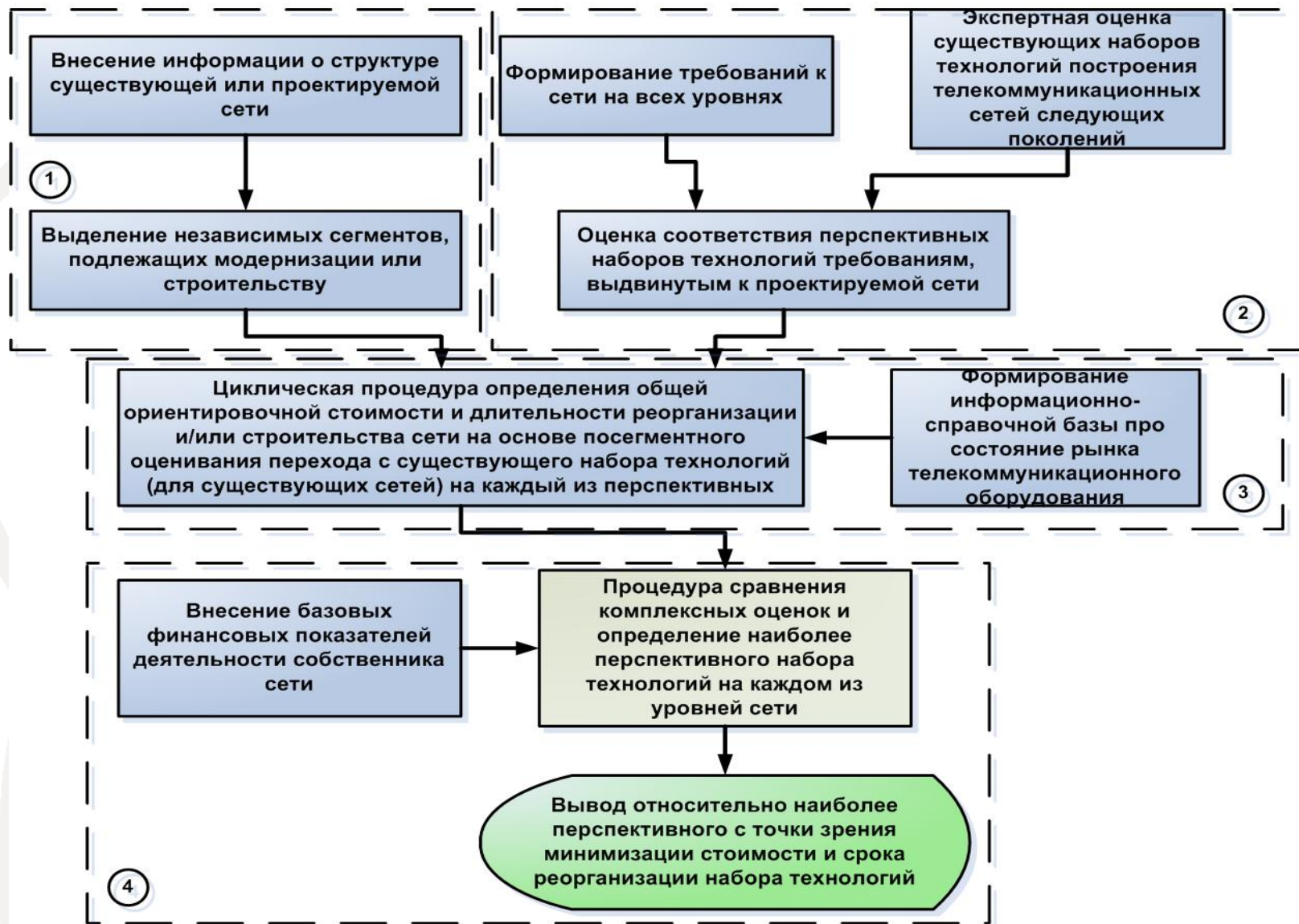
# **Выбор технологических решений построения телекоммуникационных сетей** **Вариант 1**

(Подход - Имитационное моделирование с целью оценки экономической целесообразности)

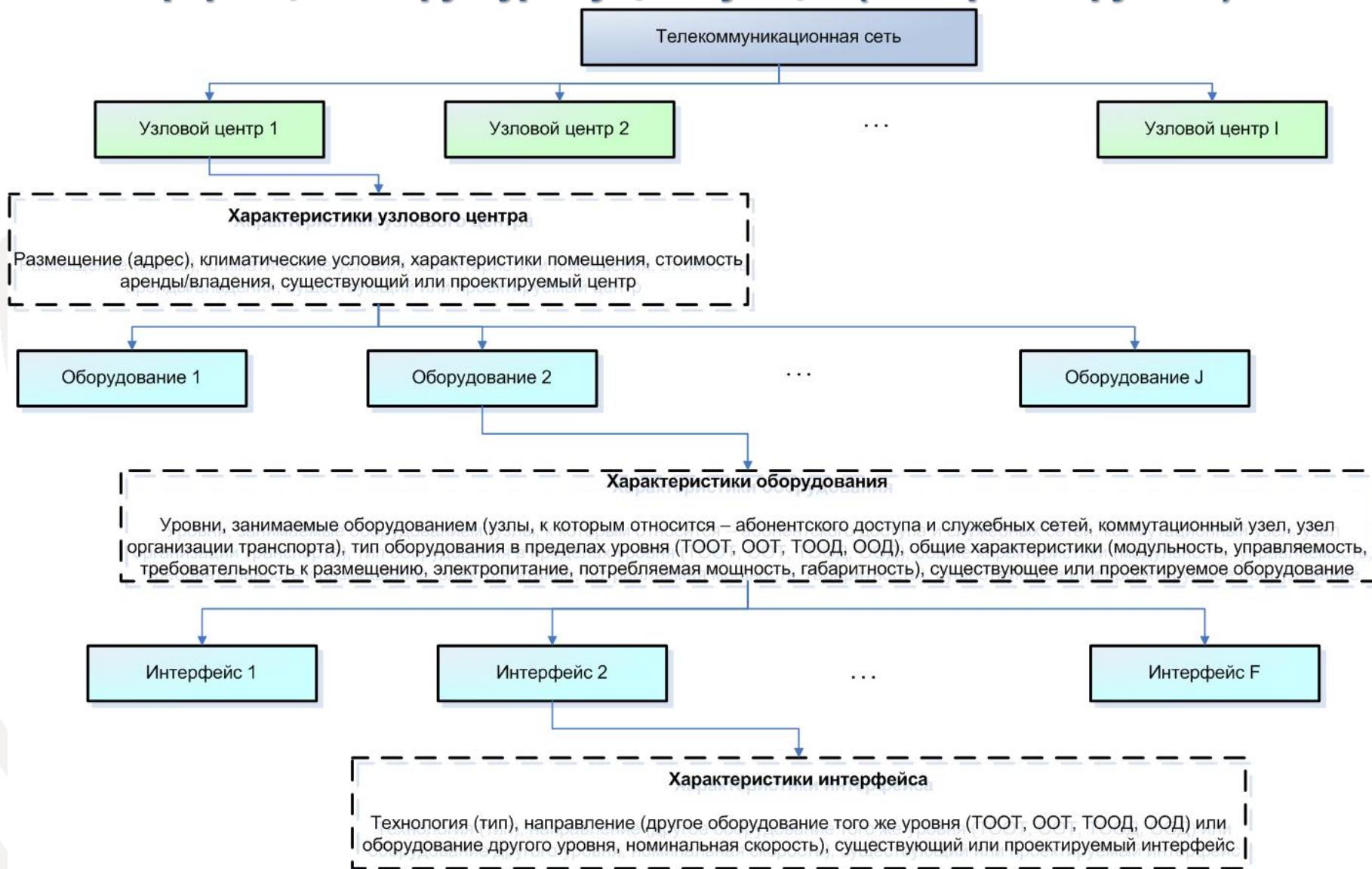
Committed to connecting the world



# 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?

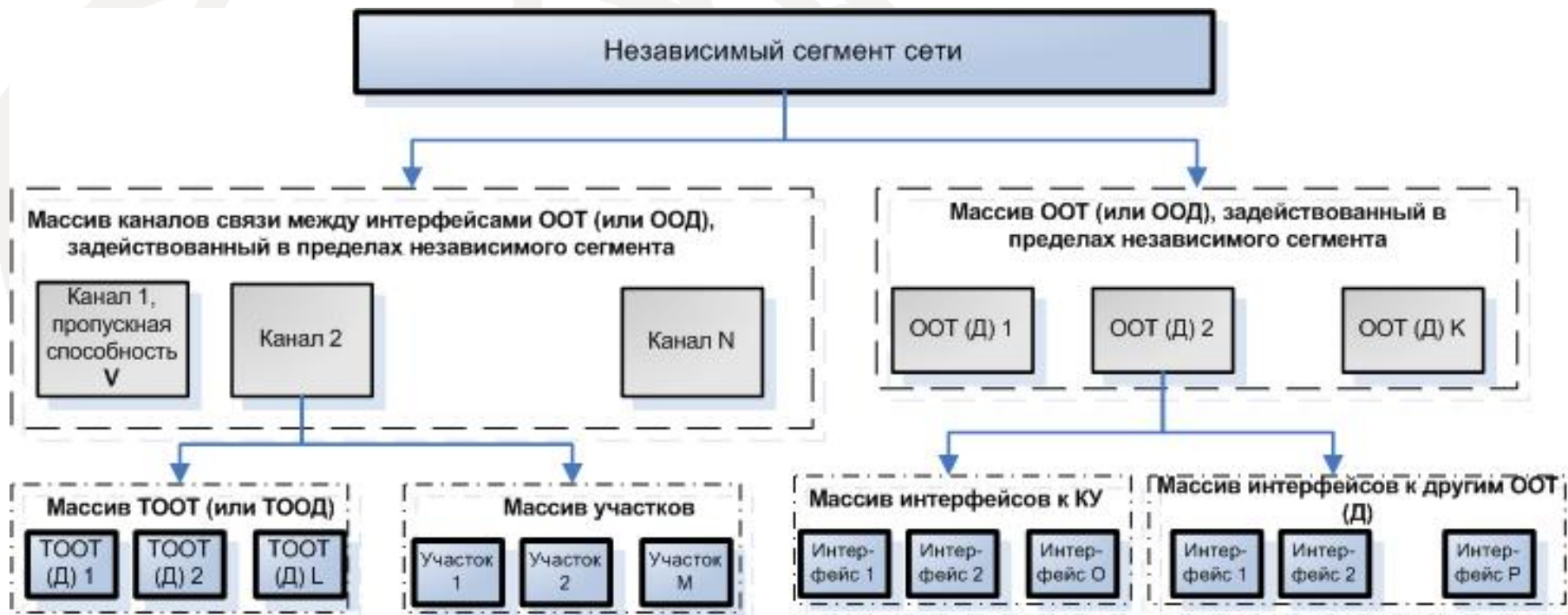
Нет

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





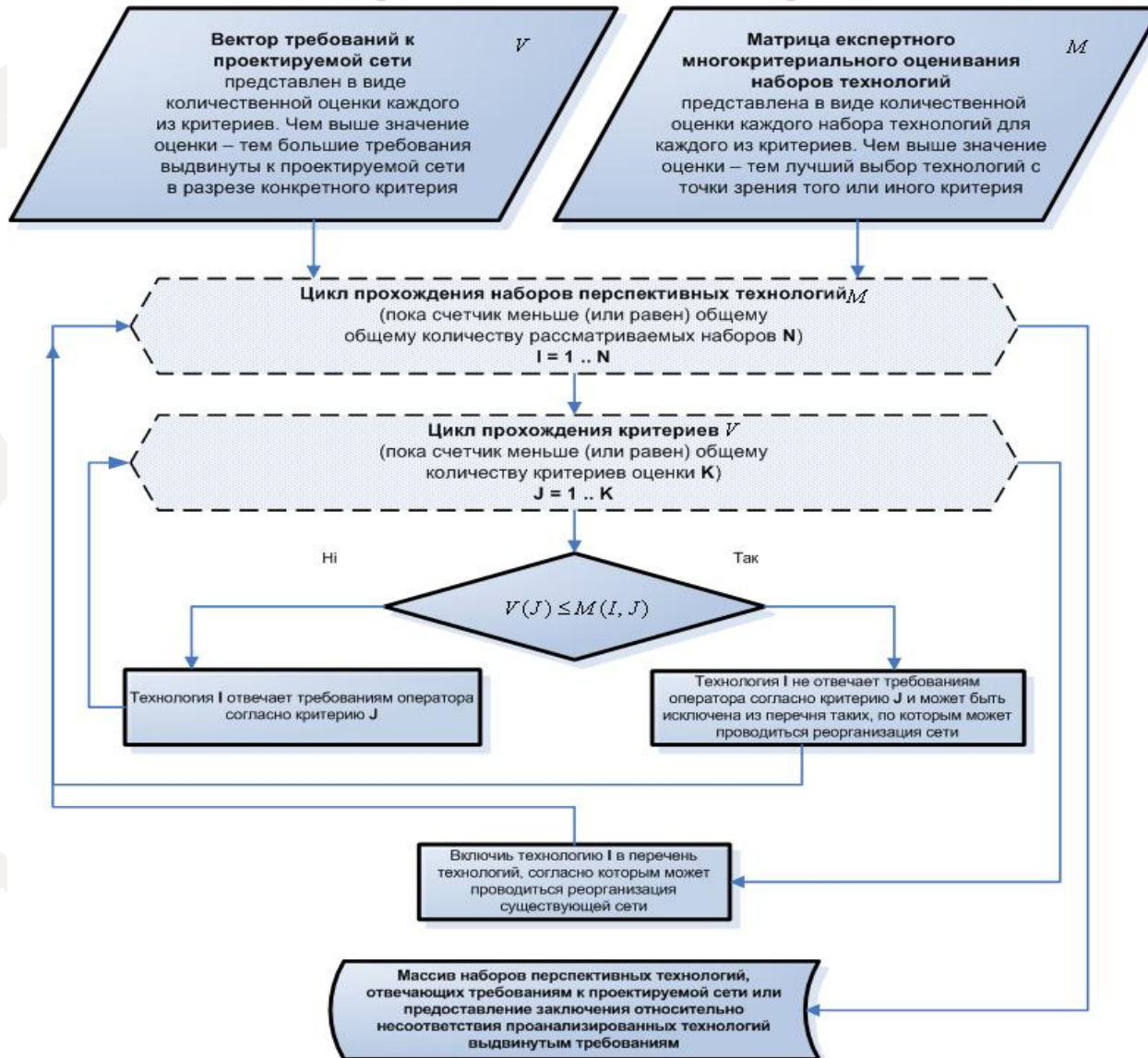
## Критерии оценивания (часть 1)

- **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;

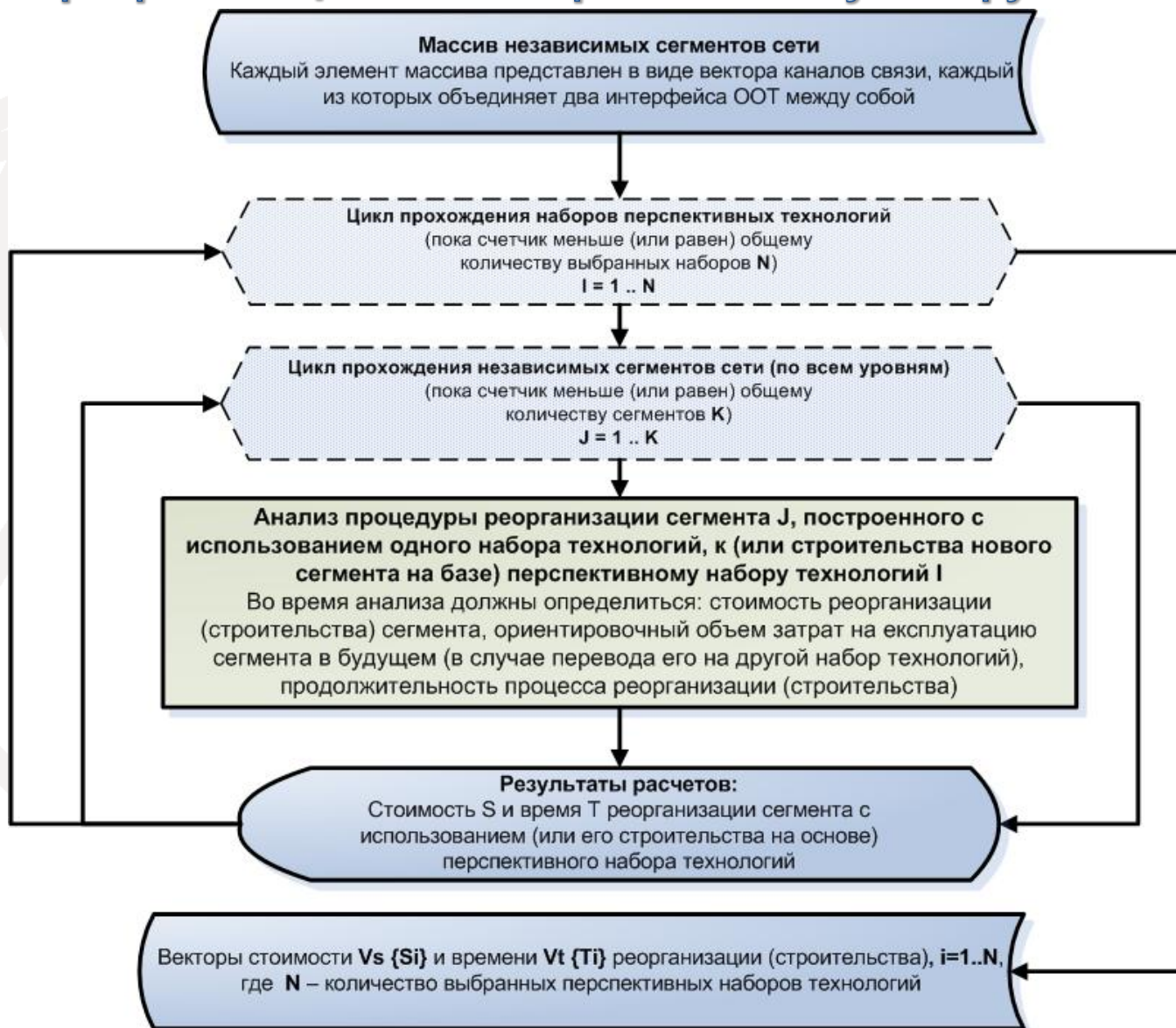
## Критерии оценивания (часть 2)

- **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.

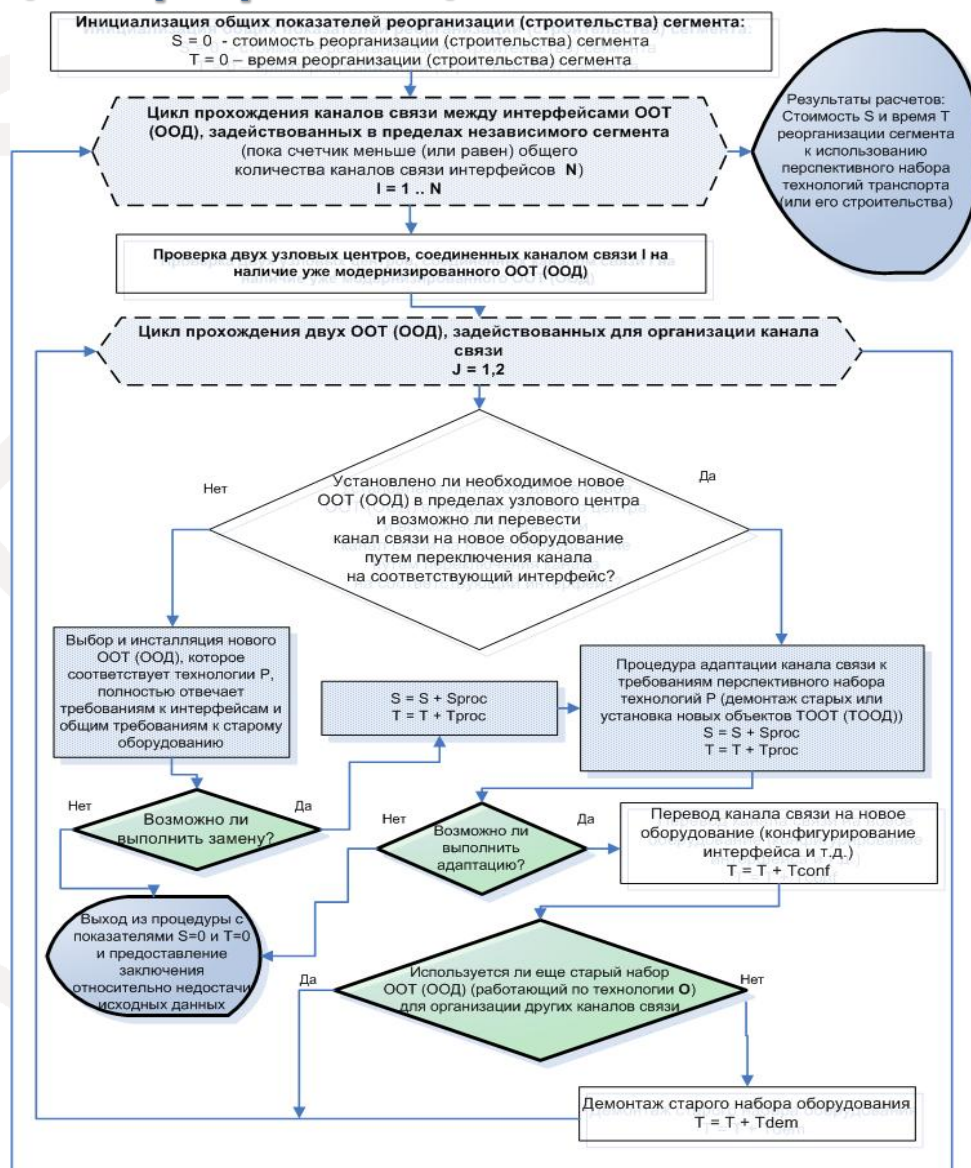
# Выделение перспективных наборов технологий



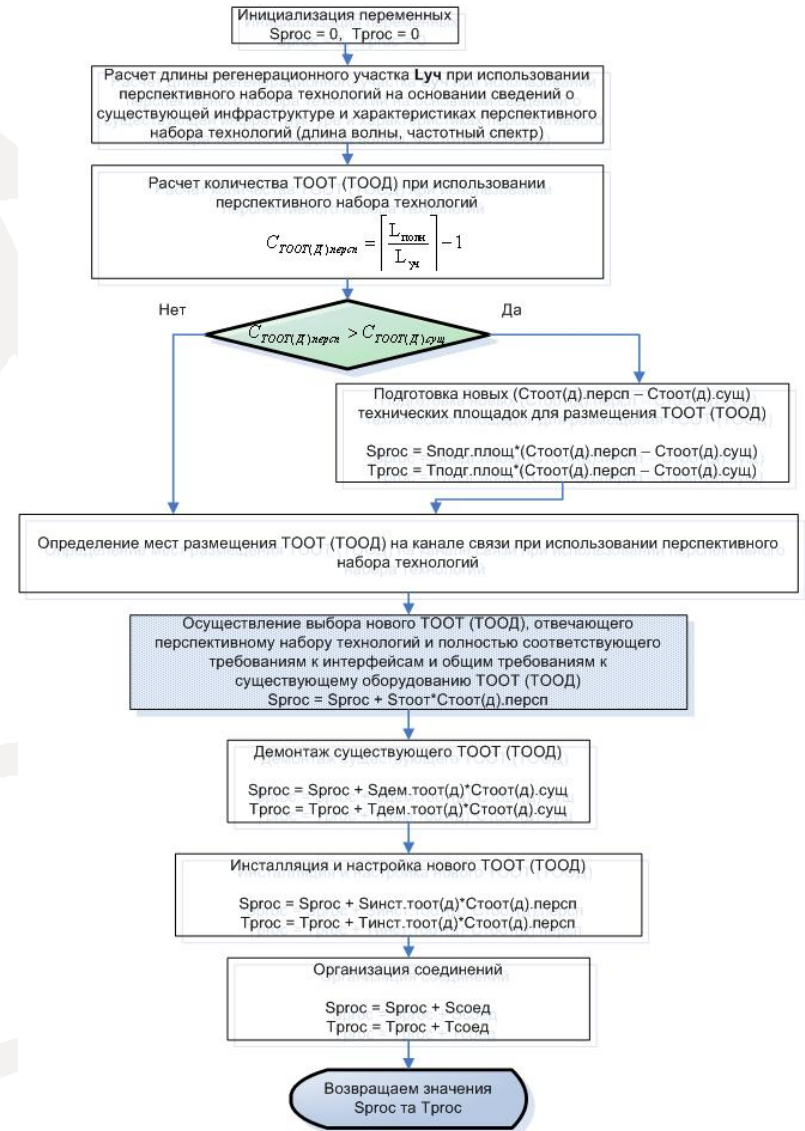
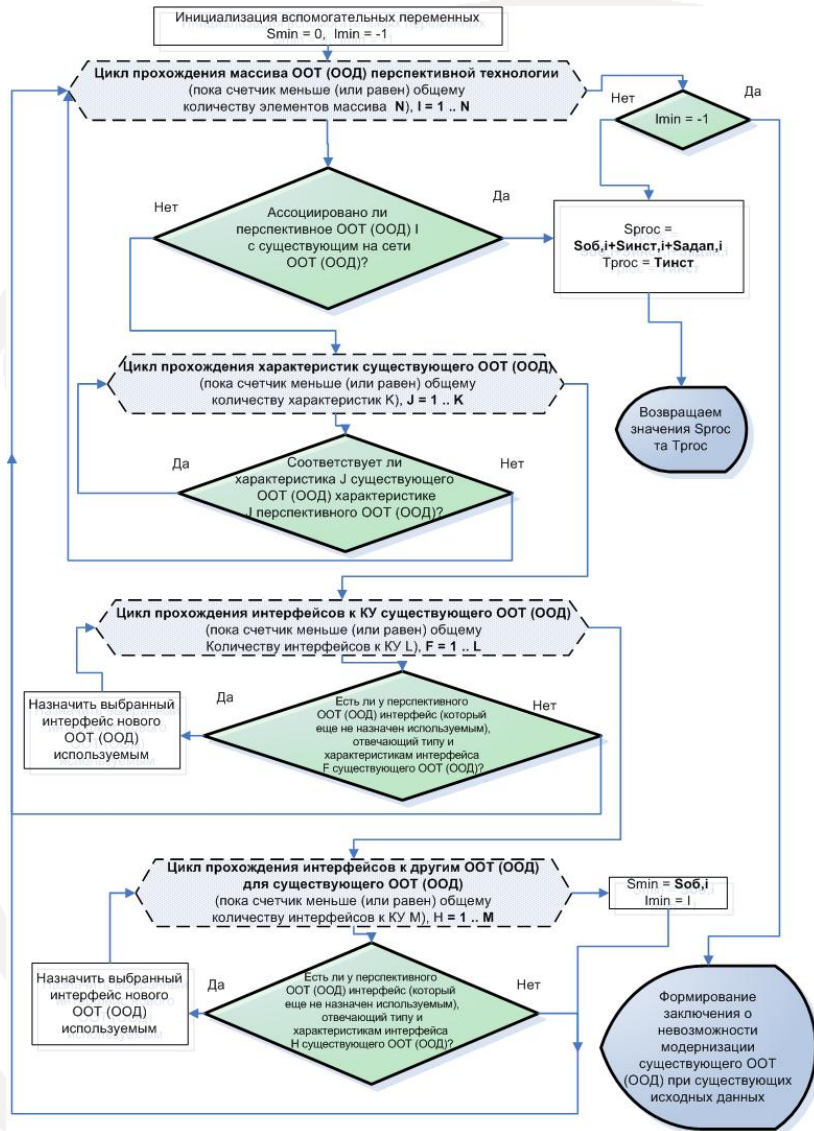
# Оценка реорганизации сети к перспективному набору технологий



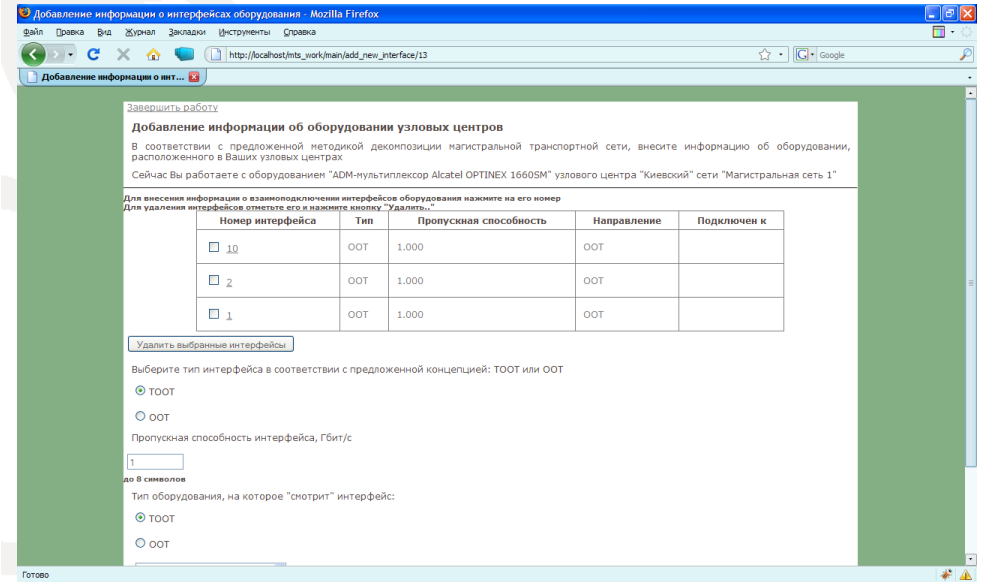
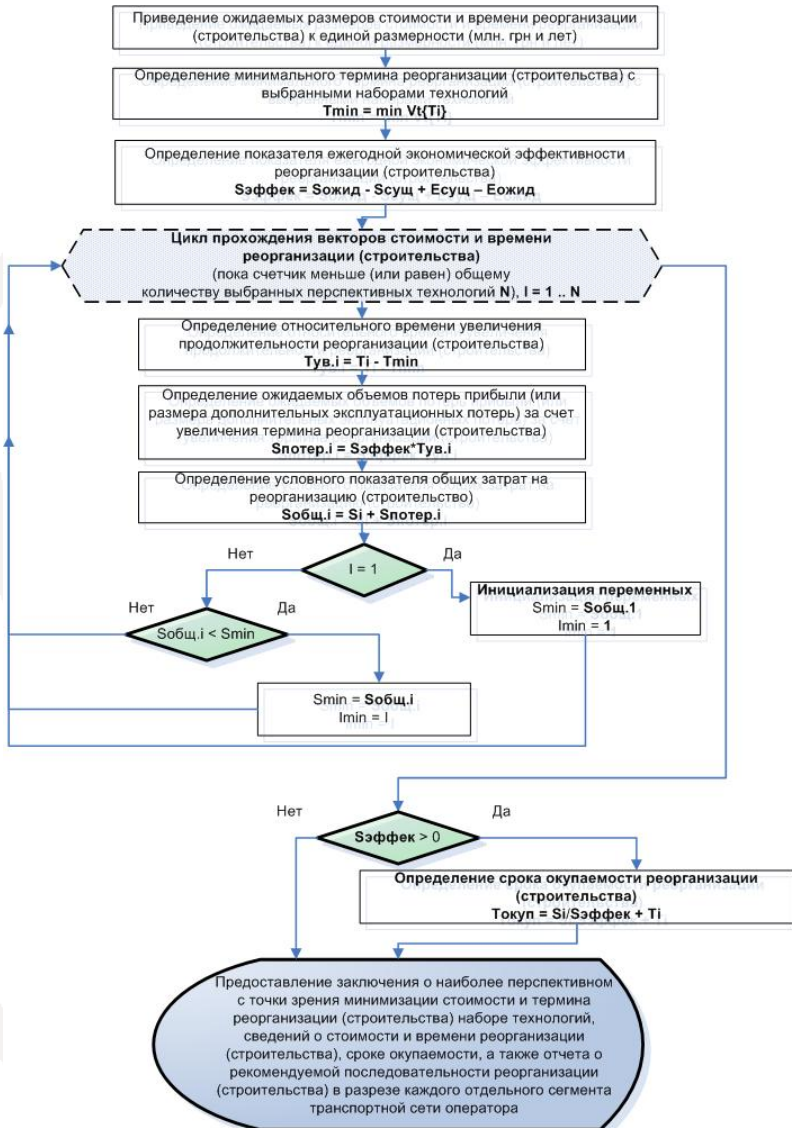
# Оценка реорганизации независимого сегмента



# Замена ООТ (ООД) и модернизация канала связи



# Определение стратегии реорганизации (строительства)





# **Выбор технологических решений построения телекоммуникационных сетей** **Вариант 2**

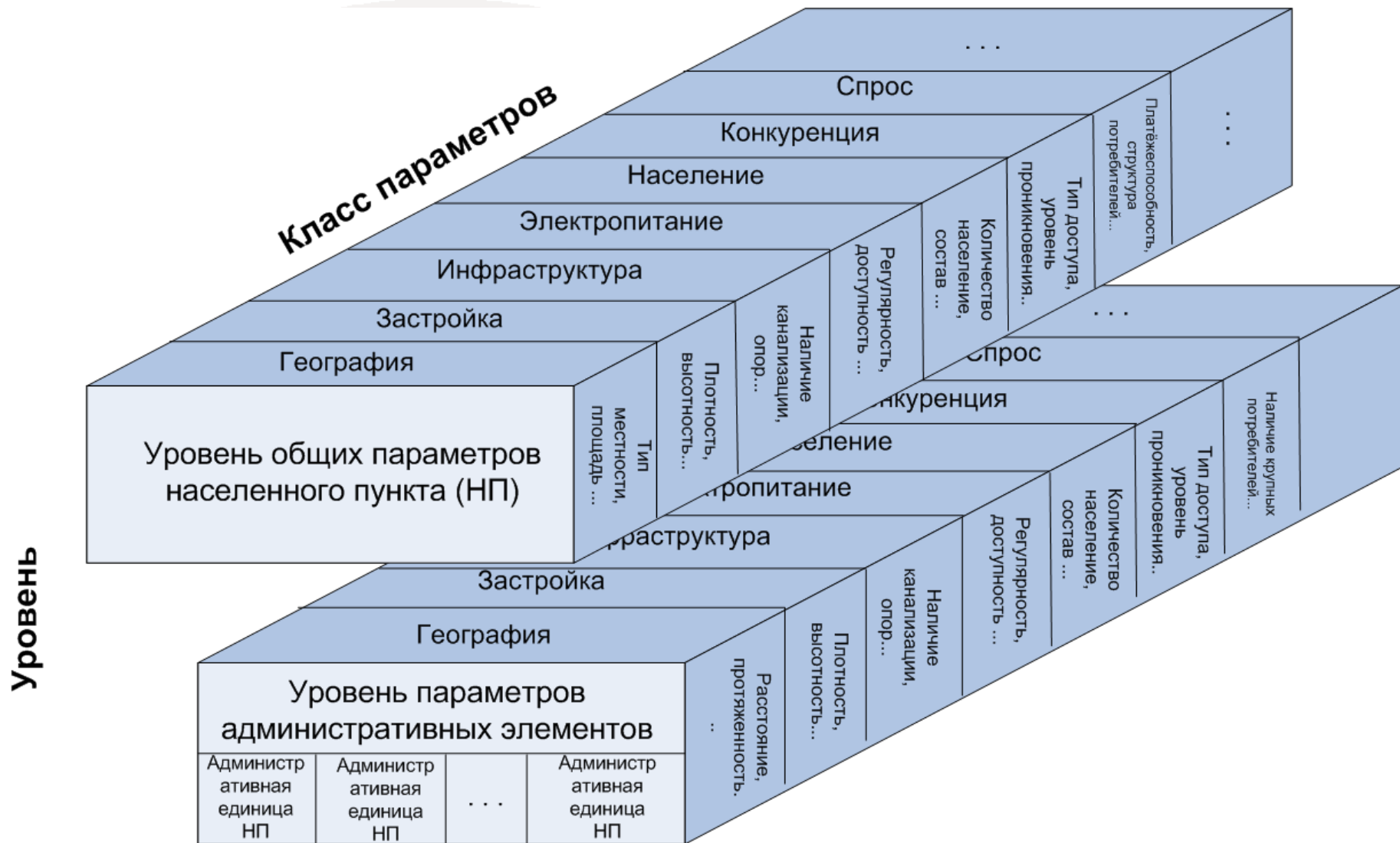
(Подход - Имитационное моделирование с целью оценки экономической целесообразности)

Committed to connecting the world

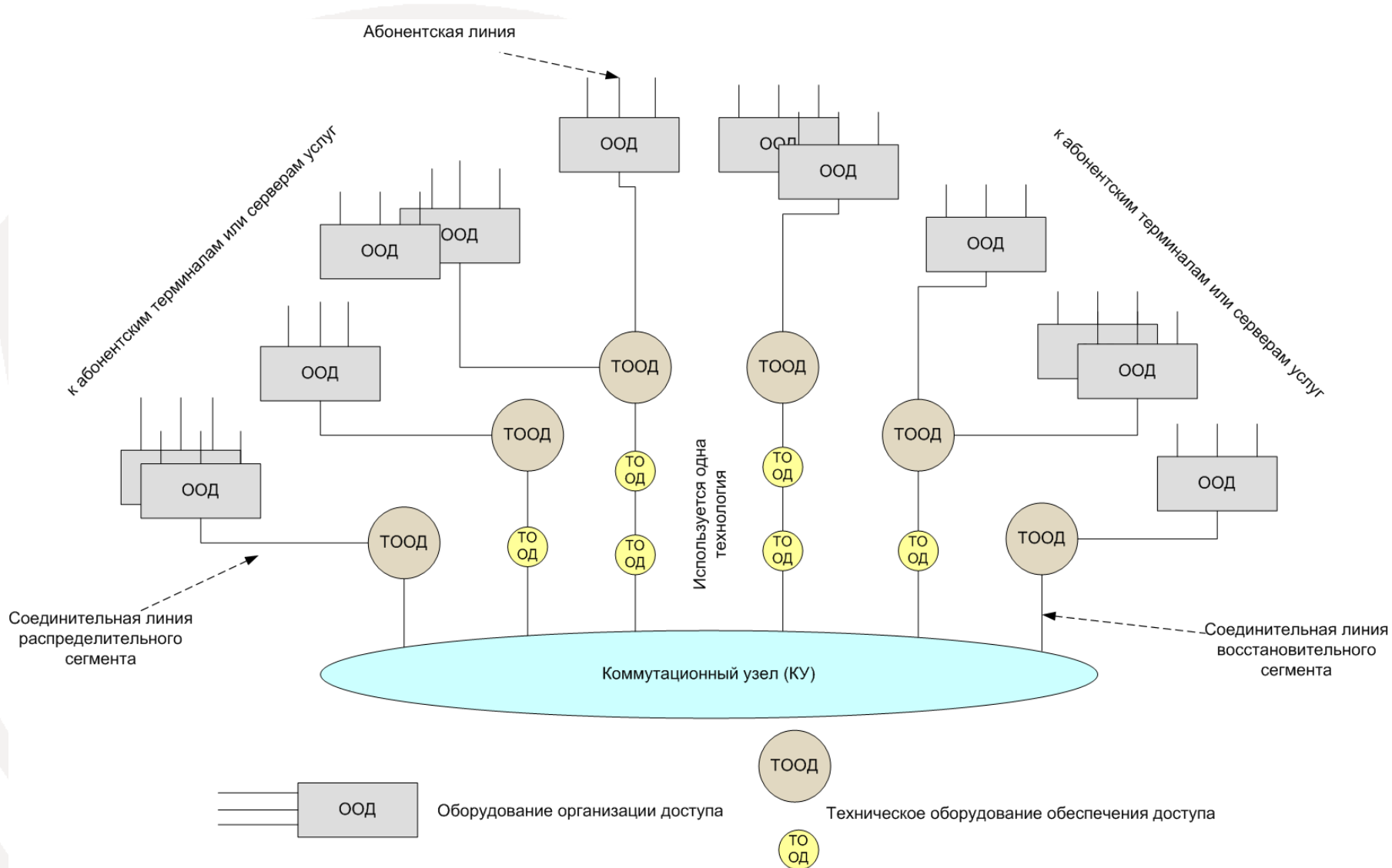




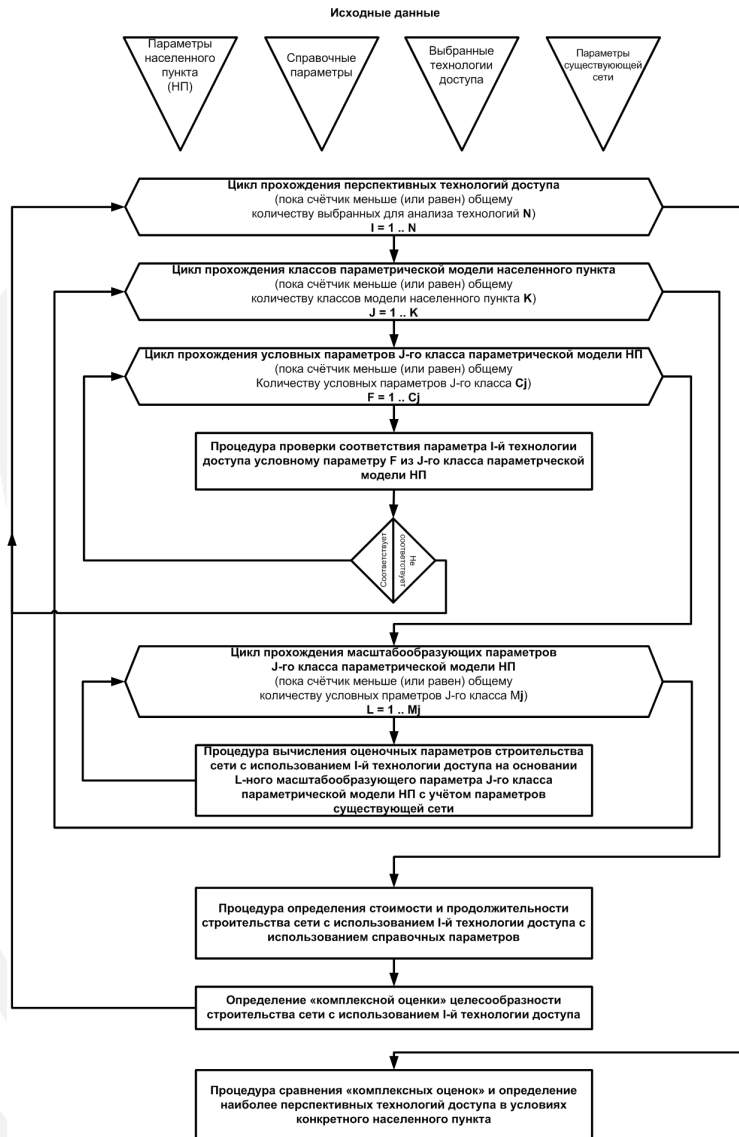
# Обобщённая модель типичного населённого пункта



# 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

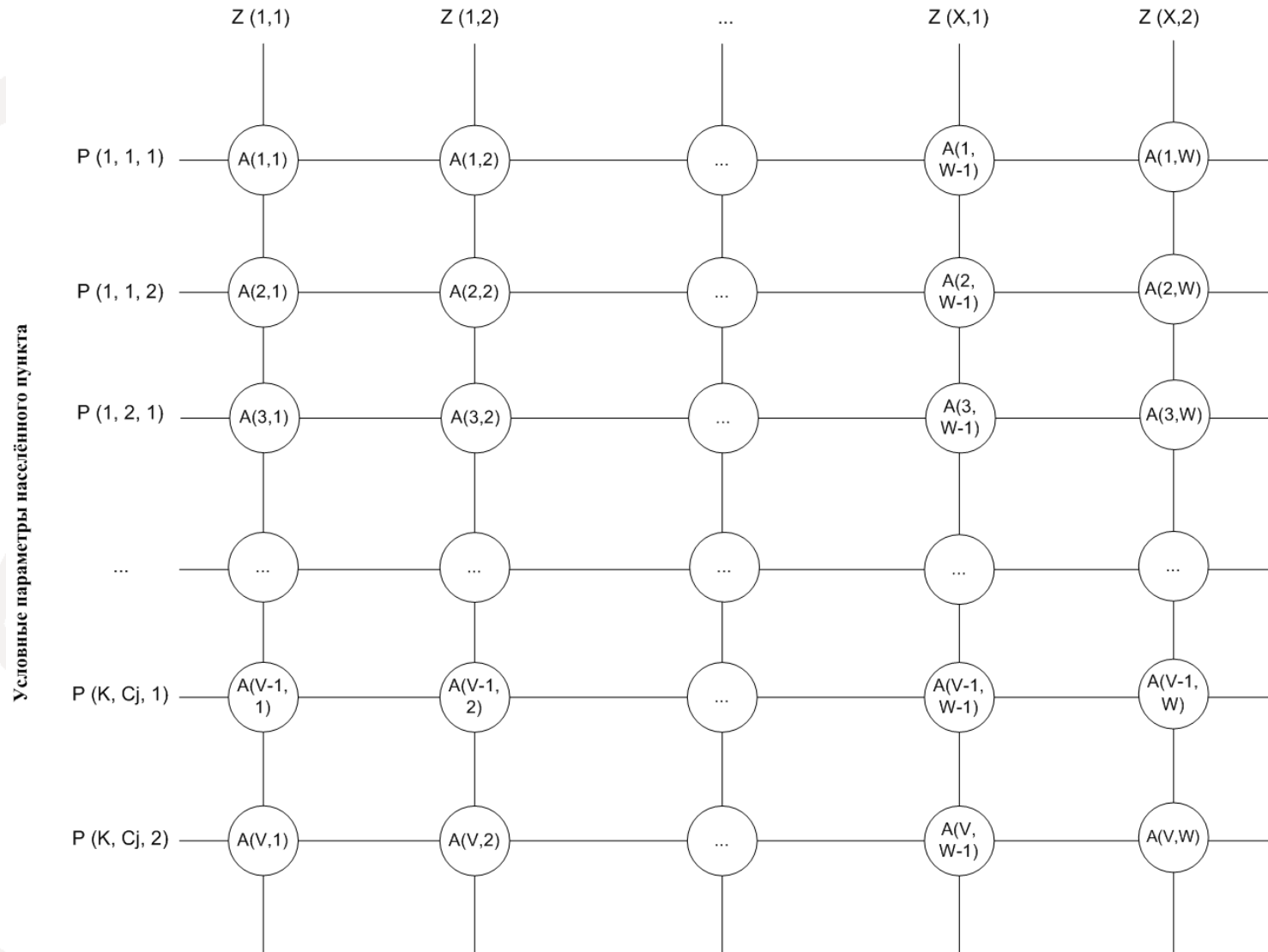
**Шаг 3.** Выбор наиболее перспективного технического решения:

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 количества активного оборудования и мест для его

<p><math>S_{\text{общ}}</math> - общая площадь</p> <p><math>S_{\text{зд}}</math> - площадь застройки</p> <p><math>C_{\text{частн}}</math> - процент застройки частным сектором</p> <p><math>P_{\text{зд}}</math> - плотность застройки</p> <p><math>C_{\text{мал}}</math> - процент малоэтажных многоквартирных строений</p> <p><math>C_{\text{мн}}</math> - процент многоквартирных многоквартирных строений</p>	<p>Параметры населённого пункта</p> <p><math>T_{\text{тип}}</math> - преимущественный тип строений</p> <p><math>Q_{\text{мал,эт}}</math> - среднее количество этажей в малоэтажном строении</p> <p><math>Q_{\text{мн,эт}}</math> - среднее количество этажей в многоэтажном строении</p> <p><math>K_{\text{нас}}</math> - общее количество населения постоянно проживающего в НП</p> <p><math>K_{\text{доп}}</math> - количество дополнительного населения на время туристического сезона</p> <p><math>T_{\text{конкр}}</math> - уровень конкуренции</p> <p><math>T_{\text{доступ}}</math> - тип доступа, используемый конкурентами</p>	<p><math>C_{\text{конкур,охв}}</math> - процент населения, охваченный конкурентами</p> <p><math>C_{\text{мал,пл}}</math> - процент платёжеспособного населения младшей возрастной группы</p> <p><math>C_{\text{мн,пл}}</math> - процент платёжеспособного населения средней возрастной группы</p> <p><math>C_{\text{стар,пл}}</math> - процент платёжеспособного населения старшей возрастной группы</p> <p><math>C_{\text{распр}}</math> - процентное распределение населения по уровню платёжеспособности</p>	<p>Параметры технологий доступа</p> <p><math>T_{\text{тех,эт}}</math> - тип среды передачи для организации абонентских линий</p> <p><math>R_{\text{охв,эт}}</math> - Радиус охвата территории одной единицы ООД</p> <p><math>K_{\text{уменьш}}</math> - Коэффициент уменьшения радиуса охвата за счёт застройки</p> <p><math>C_{\text{охв}}</math> - Количество абонентов, которое может обслуживаться одной единицей ООД</p> <p><math>Q_{\text{охв,эт,ООД}}</math> - Количество этажей, охватываемых одним ООД</p>
---	---	---	---

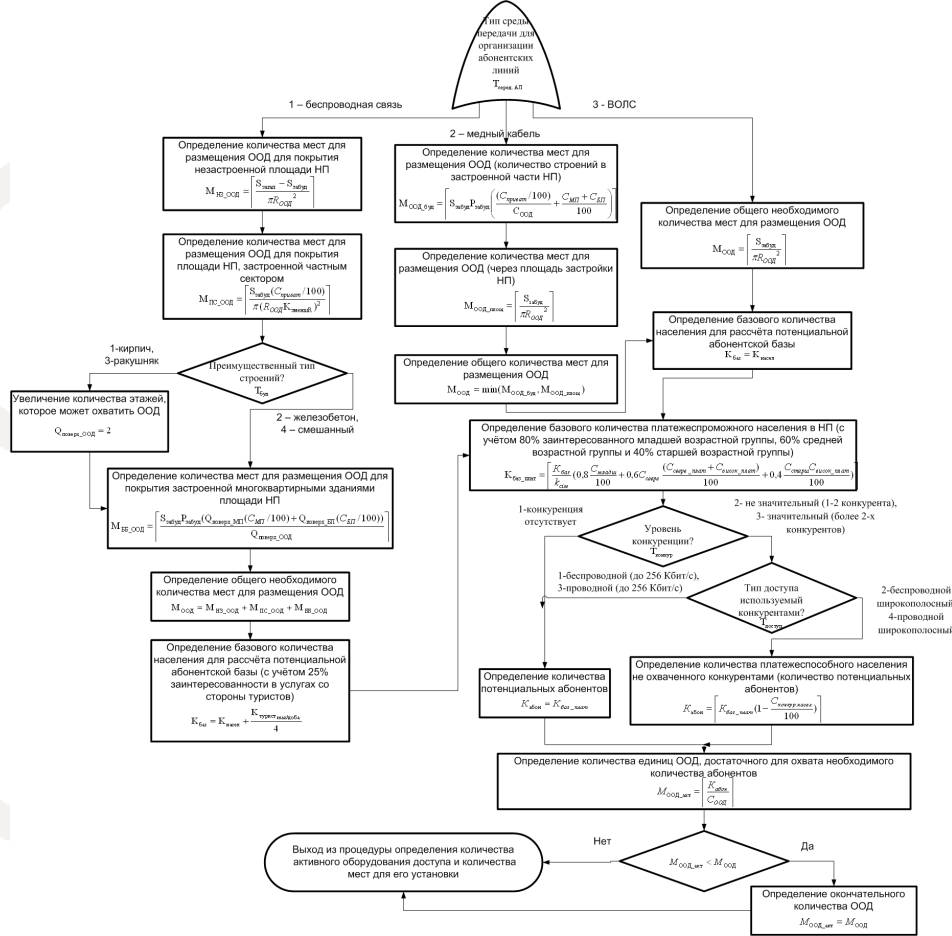
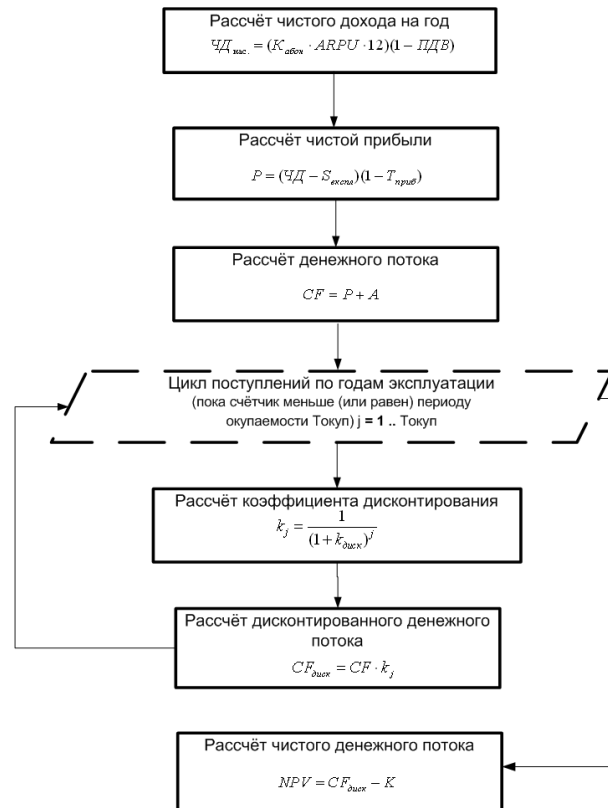
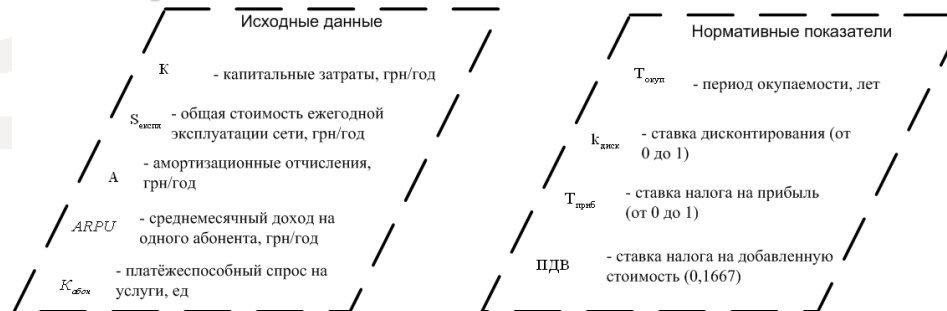


Рисунок 4.3 – Алгоритм вычисления количества активного оборудования доступа и количества мест для его установки

# Определение «чистого денежного



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Committed to connecting the world