



Научно-исследовательский институт Радио (НИИР)
RADIO RESEARCH&DEVELOPMENT INSTITUTE (NIIR)

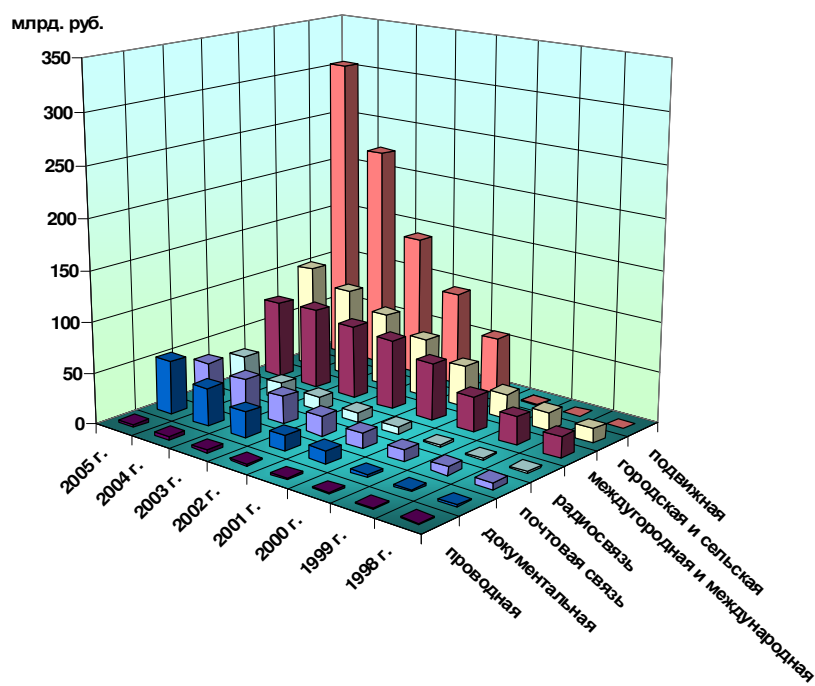
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО
СПЕКТРА ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ**

**Methodic approach for economic estimation of spectrum redeployment
efficiency for operators of mobile network**

Начальник сектора НТЦ Анализа ЭМС ФГУП НИИР

Девяткин Евгений Евгеньевич

Динамика доходов по подотраслям связи в РФ за период с 1998 г. по 2005 г.



Изменение структуры доходов организаций связи по подотраслям за период с 1999 г. по 2005 г.

Виды деятельности в отрасли связи	Структура доходов по годам, %						
	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Почтовая связь	14,31	14,83	8,05	7,52	7,74	7,43	6,36
Междугородная и международная телефонная связь	46,60	45,19	29,38	25,83	20,38	17,78	14,35
Городская и сельская телефонная связь	30,69	31,41	21,43	21,73	20,54	18,54	16,90
Радиосвязь, радиовещание, телевидение и спутниковая связь	2,24	2,21	3,87	3,63	3,76	3,67	3,55
Проводное вещание	2,10	1,92	0,97	0,85	0,72	0,69	0,51
Подвижная электросвязь	0,65	0,87	29,54	34,84	39,62	44,28	50,56
Документальная электросвязь	3,42	3,57	6,75	5,61	7,24	7,61	7,76

Международное и национальное распределение полос частот

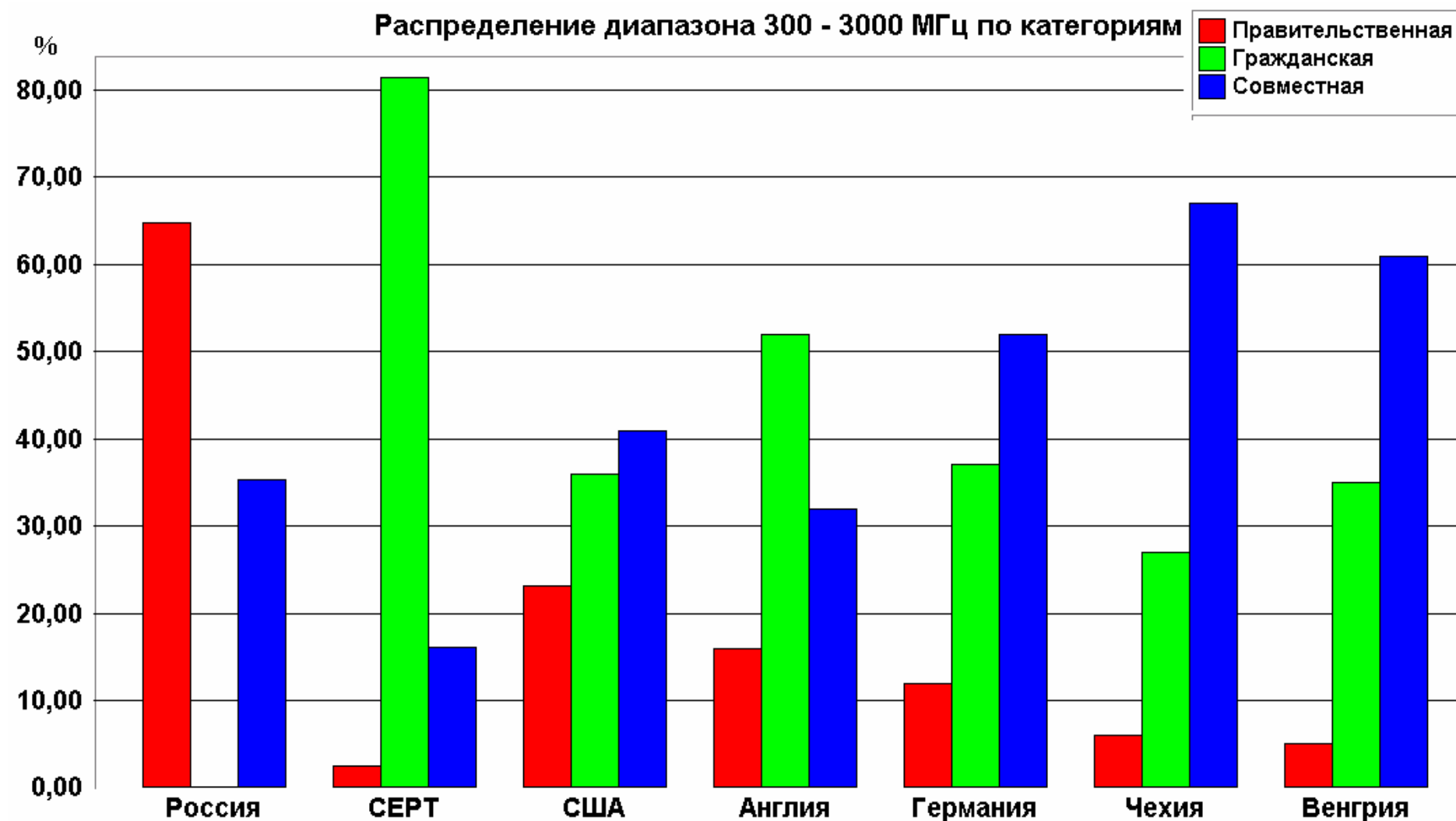
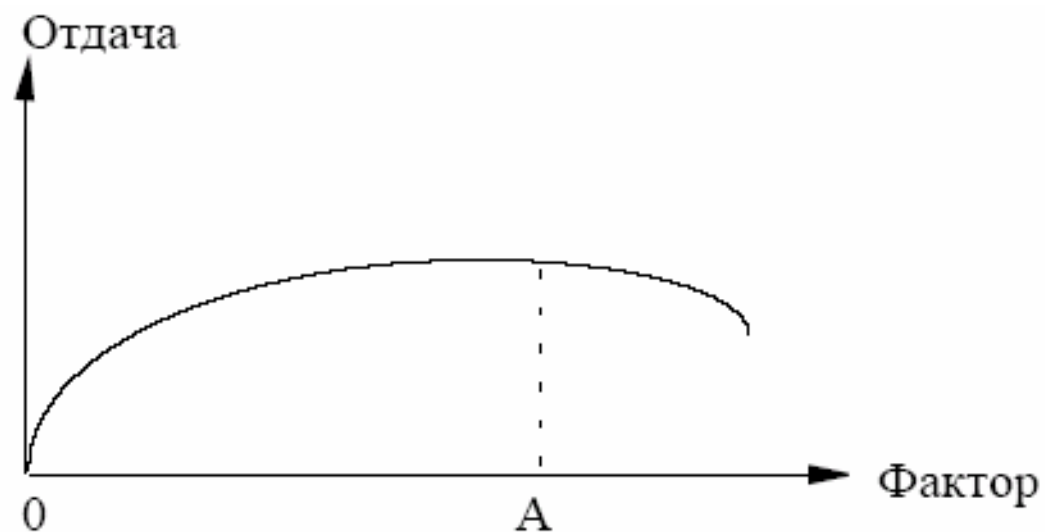


Иллюстрация эффекта убывающей отдачи



Применение дополнительных факторов до определенного момента (до точки A) дает все возрастающую отдачу. Но затем (после точки A) эта отдача начинает снижаться.

Оценка экономической эффективности использования радиочастотного спектра технологиями различных поколений сотовой подвижной связи

1. Число абонентов в сети оператора, приходящихся на 1 МГц радиочастотного спектра, выделенного оператору в регионе для конкретной технологии (поколения):

$$N_{аб\ nG}^{МГц} = \frac{N_{аб\ nG}}{\Delta F_{nG}}, \quad \frac{тыс.чел.}{МГц}$$

где, $N_{аб\ nG}$ – текущая численность абонентов в сети n-го поколения (nG) в конкретном регионе; n – поколения сетей подвижной связи, ΔF_{nG} – полоса частот, выделенная оператору в конкретном регионе для сети n-го поколения.

2. Доходы оператора сети подвижной связи n-го поколения за год, приходящиеся на 1 МГц радиочастотного спектра, выделенного оператору в конкретном регионе:

$$N_{дох\ nG}^{МГц} = \frac{ARPU \cdot 12 \cdot N_{аб\ nG}}{\Delta F_{nG}}, \quad \frac{млн.руб.}{МГц}$$

где, ARPU – среднемесячный доход на одного абонента сети подвижной связи n-го поколения в конкретном регионе.

3. Скорость передачи данных в сети подвижной связи n-го поколения на 1 МГц радиочастотного спектра, выделенному оператору в регионе:

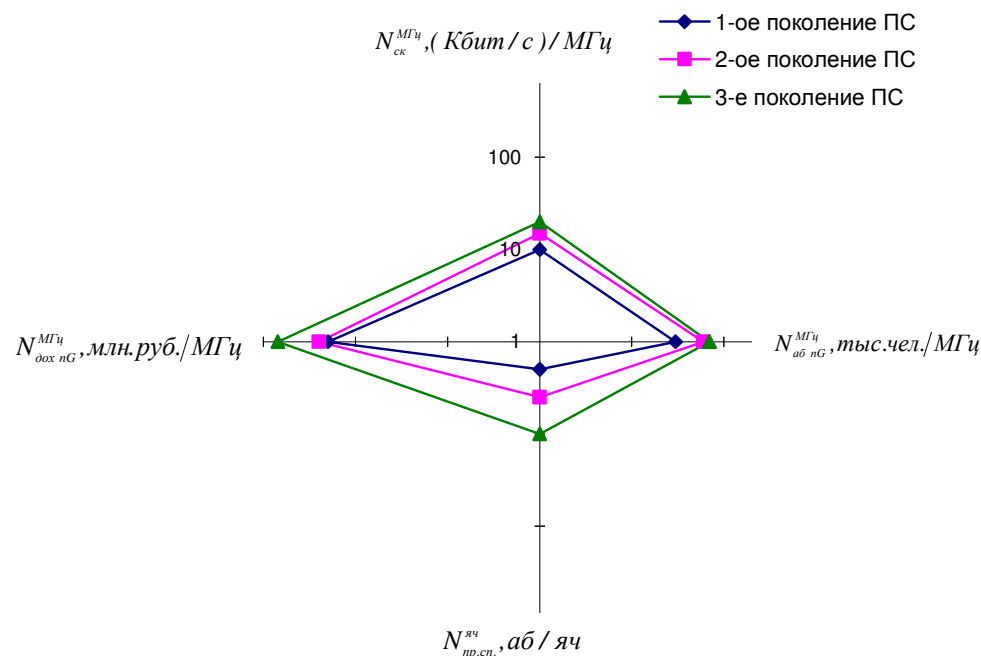
$$N_{ск}^{МГц} = \frac{V_{nG}}{\Delta F_{nG\ чК}}, \quad \frac{Кбит / с}{МГц}$$

где, V_{nG} – максимальная скорость передачи данных сети подвижной связи n-го поколения; $\Delta F_{nG\ чК}$ – ширина одного частотного канала технологии n-го поколения.

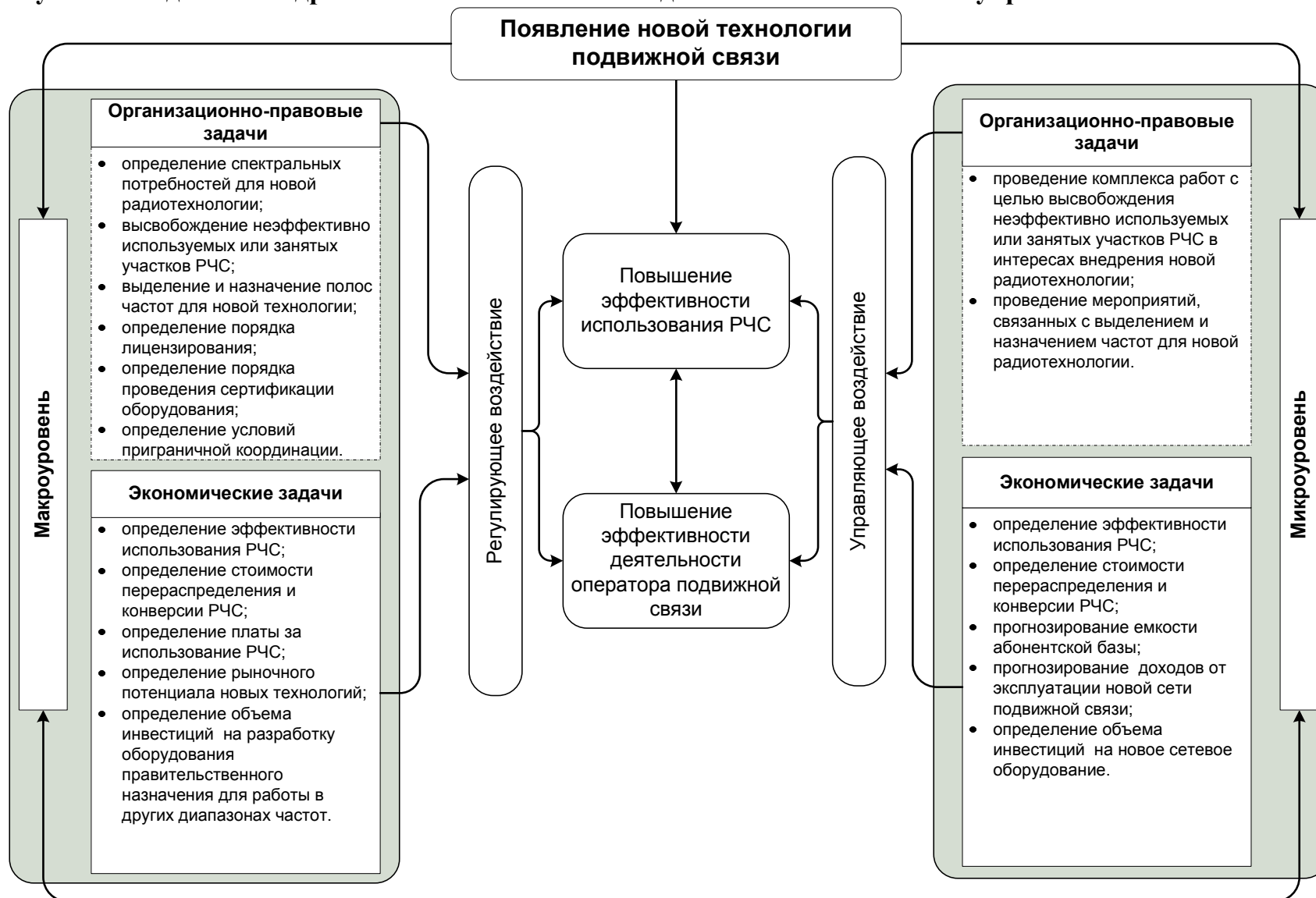
4. Средняя пропускная способность (ёмкость) одной ячейки подвижной связи n-го поколения:

$$N_{пр.сп.}^{яч} = \frac{N_{аб}^{макс}}{N_{nG\ яч}}, \quad \frac{аб}{яч}$$

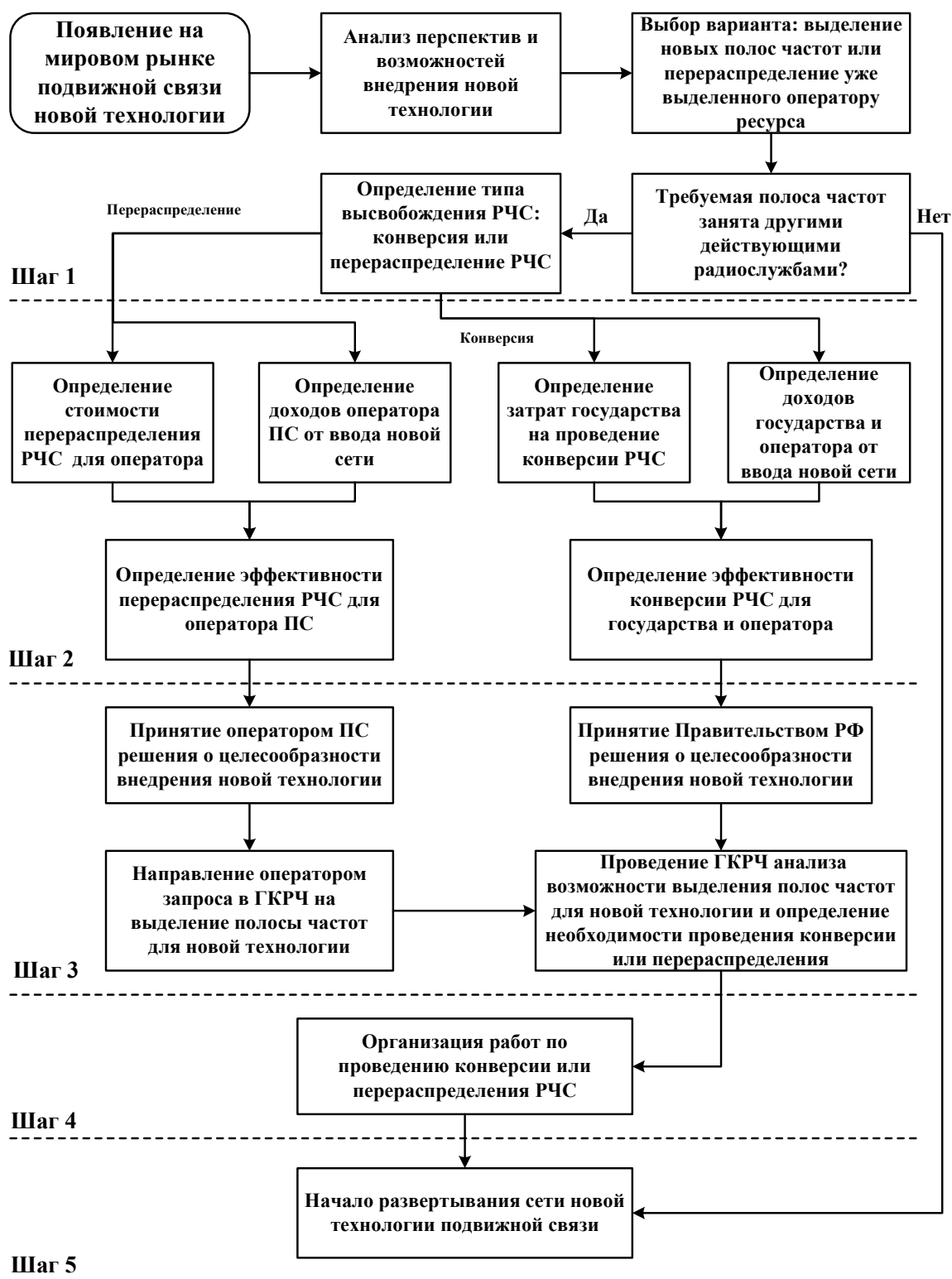
где $N_{аб}^{макс}$ – максимально возможное число обслуживаемых абонентов сетью подвижной связи n-го поколения оператора в регионе, $N_{nG\ яч}$ – число ячеек оператора ПС n-го поколения в регионе



Совокупность задач по внедрению новых технологий подвижной связи в аспекте управления использованием РЧС



Последовательность процедур по внедрению новой радиотехнологии с учетом эффективности управления использованием РЧС

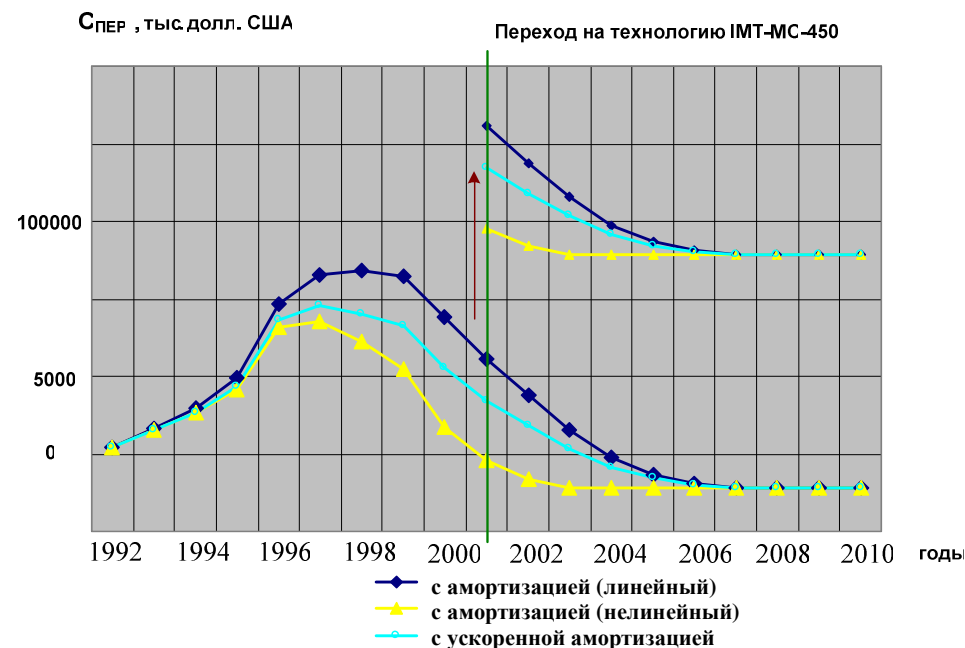


Метод определения стоимости перераспределения РЧС, учитывающий балансовую стоимость оборудования

$$C_{\text{ПЕР}}(T) = Z_{\text{ПЕР}} + C_{\text{БАЛ}}(T) - C_{\text{МОД}}(T),$$

Наименование показателя	Описание показателя
$Z_{\text{ПЕР}}$	затраты оператора на перевод действующего оборудования в другой диапазон частот или на другую технологию;
$C_{\text{БАЛ}}(T) = C_{\text{ОБОР}} - A$	остаточная балансовая стоимость оборудования оператора, выводимого из эксплуатации при переходе на новую технологию;
$C_{\text{ОБОР}} = \sum_{i=1}^m C_{\text{ОБОР}_i}$	суммарная первоначальная стоимость оборудования i -го вида сети оператора подвижной связи ($i \in 1 \dots m$);
m	количество видов оборудования сети, выводимого из эксплуатации при переходе на новую технологию в ходе перераспределения РЧС;
$A = \sum_{i=1}^m (H_{ai} \cdot C_{\text{ОБОР}_i})$	амортизация (износ) оборудования i -го вида;
H_{ai}	норма амортизационных отчислений по i -му виду оборудования сети;
$C_{\text{МОД}}(T)$	расходы оператора на модернизацию оборудования сети в случае отсутствия перераспределения спектра;
T	период времени работы сети связи.

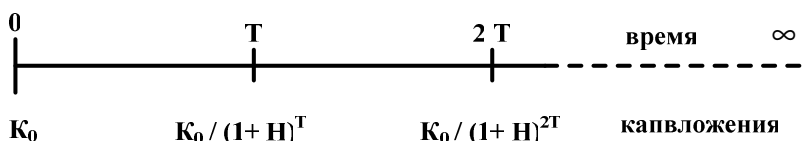
Стоимость перераспределения РЧС по вариантам начисления амортизации



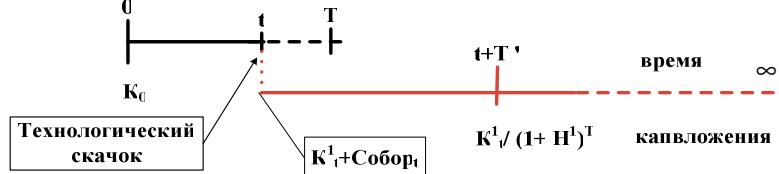
Метод определения стоимости перераспределения РЧС, учитывающий текущую рыночную стоимость оборудования:

$$C_{\text{ПЕР}} = Z_{\text{НОВ}} - Z_{\text{БАЗ}}$$

Модель инвестирования без перераспределения спектра



Модель инвестирования с перераспределением спектра



$$Z_{\text{БАЗ}} = K_0 + \frac{K_0}{(1 + H_{\text{НТП}})^T \cdot (1 + H_A)^T} + \frac{K_0}{(1 + H_{\text{НТП}})^{2T} \cdot (1 + H_A)^{2T}} + \dots =$$

$$= K_0 \cdot \left[1 + \frac{1}{(1 + H)^T} + \frac{1}{(1 + H)^{2T}} + \dots \right];$$

$$Z_{\text{БАЗ}} = K_0 + \frac{K_0}{1 - (1 + H)^{-T}}.$$

$$Z_{\text{НОВ}} = K_0 + \frac{C_{\text{ОБОР}_t}}{(1 + H_A)^t} + \frac{K_t^1}{(1 + H_A)^t} \cdot \left[1 + \frac{1}{[(1 + H_A^1) \cdot (1 + H_{\text{НТП}}^1)]^{T^1}} + \frac{1}{[(1 + H_A^1) \cdot (1 + H_{\text{НТП}}^1)]^{2T^1}} + \dots \right];$$

$$Z_{\text{НОВ}} = K_0 + \frac{C_{\text{ОБОР}_t}}{(1 + H_A)^t} + \frac{K_t^1}{(1 + H_A)^t} \cdot \frac{1}{1 - (1 + H^1)^{-T^1}}.$$

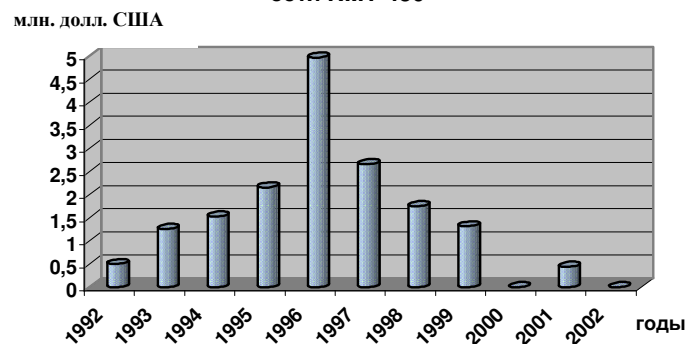
Параметр	Описание параметра	Параметр	Описание параметра
K_0	начальные капвложения на дату 0;	K_t^1	вложения в новую технологию на дату перераспределения t ($t \leq T$) за i -ый рассматриваемый год;
T	срок полезного использования оборудования;	T^1	экономически эффективный срок службы новой радиотехнологии;
H_A	норма возврата капитала;	H_A^1	норма возврата капитала для новой радиотехнологии;
$H_{\text{НТП}}$	темпы научно-технического прогресса (НТП);	$H_{\text{НТП}}^1$	темпы научно-технического прогресса;
$\frac{1}{(1 + H)^T}$	коэффициент дисконтирования – $\frac{1}{[(1 + H_{\text{НТП}}) \cdot (1 + H_A)]^T}$.	$\frac{1}{(1 + H^1)^{T^1}}$	коэффициент дисконтирования – $\frac{1}{[(1 + H_{\text{НТП}}^1) \cdot (1 + H_A^1)]^{T^1}}$;
		$C_{\text{обор}_t}$	текущая рыночная стоимость действующего оборудования на момент t .

Стоимость перераспределения РЧС:

$$C_{\text{ПЕР}} = Z_{\text{НОВ}} - Z_{\text{БАЗ}} = \frac{C_{\text{ОБОР}_t}}{(1 + H_A)^t} + \left(\frac{K_t^1}{(1 + H_A)^t} \cdot \frac{1}{1 - (1 + H^1)^{-T^1}} - \frac{K_0}{1 - (1 + H)^{-T}} \right).$$

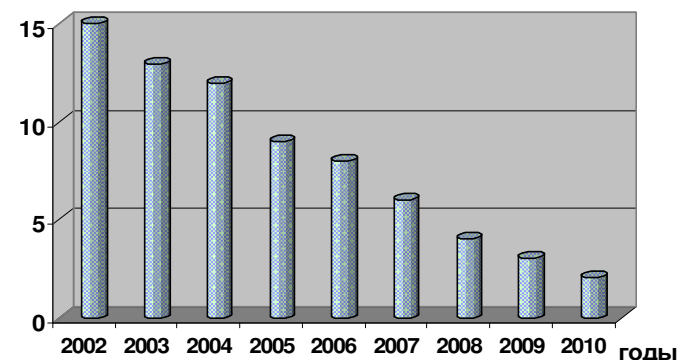
Результаты расчетов стоимости перераспределения РЧС по методу, учитывающему текущую рыночную стоимость оборудования

Ежегодные капвложения в развитие подсистемы БС сети NMT-450



Ежегодные капвложения в развитие подсистемы БС сети IMT-МС-450

млн. долл. США



$$C_{\text{ПЕР}} = 3_{\text{НОВ}} - 3_{\text{БАЗ}} = 3432 \text{ млн. руб.}$$

Методология оценки эффективности перераспределения РЧС
при внедрении новых технологий подвижной связи

Определение оператором перспектив внедрения новой радиотехнологии

Анализ перспектив и выбор новой технологии.

Определение возможностей перераспределения частотного ресурса.



Определение затрат оператора ПС на проведение перераспределения РЧС

$$C_{пер} = 3_{нов} - 3_{баз} = \frac{C_{обор.т}}{(1 + H_A)^T} + \left(\frac{K'_t}{(1 + H_A)^T} \cdot \frac{1}{1 - (1 + H')^{-T'}} - \frac{K_0}{1 - (1 + H)^{-T}} \right),$$

где Собор т - текущая рыночная стоимость действующего оборудования на момент т; K₀ - начальные капиталовложения на дату 0;

T- срок полезного использования оборудования; H_А - норма возврата капитала; H'_А - норма возврата капитала для новой

радиотехнологии; H_{итп} - темп научно-технического прогресса (НТП); H'_{итп} - темп НТП для новой технологии;

K'_t - вложения в новую технологию на дату перераспределения т (t ≤ T) за t-ый рассматриваемый год; T' - экономически эффективный срок службы новой радиотехнологии;

1/(1 + H)^T - коэффициент дисконтирования для базовой модели 1/[(1 + H_{итп}) · (1 + H_А)]^T ;

1/(1 + H')^{T'} - коэффициент дисконтирования для модели перераспределения 1/[(1 + H'_{итп}) · (1 + H_А)]^{T'}.



Определение доходов оператора от предоставления услуг связи новой технологией
подвижной связи

Прогнозирование абонентской базы сети связи
третьего поколения:

$$N_{аб.т} = N_{аб.гсм} \cdot K_{от.т},$$

где N_{аб.гсм} - число абонентов сетей GSM,

K_{от.т} - коэффициент оттока абонентов из сетей второго

поколения в сети третьего поколения по годам.

$$K_{от.т} = 18,2 - 21,6 \cdot t + 6,77 \cdot t^2 - 0,37 \cdot t^3,$$

где, t - период времени (год).

Прогнозирование показателя ARPU:

$$ARPU_t = 164 - 51 \cdot t + 6,3 \cdot t^2 - 0,23 \cdot t^3,$$

где ARPU_t - значение среднего за год ежемесячного дохода

оператора ПС за t-ый рассматриваемый год на одного

абонента;

t - период времени.

Определение доходов оператора:

$$D_{оп} = \sum_{t=1}^n (N_{аб.т} \cdot ARPU_t \cdot 12) / (1 + H_A)^t,$$

где N_{аб.т} - численность абонентской базы за t-ый рассматриваемый год; ARPU_t - значение среднего за год ежемесячного

дохода оператора ПС на одного абонента; H_А - норма возврата капитала.



Оценка эффективности процедуры перераспределения РЧС для оператора ПС

$$\Delta_{пер} = (D_{нов.т} - D_{баз.т}) / (3_{нов.т} - 3_{баз.т}),$$

где D_{нов.т} - доходы оператора подвижной связи от предоставления услуг связи новой сети за t-ый год с учетом перераспределения РЧС;

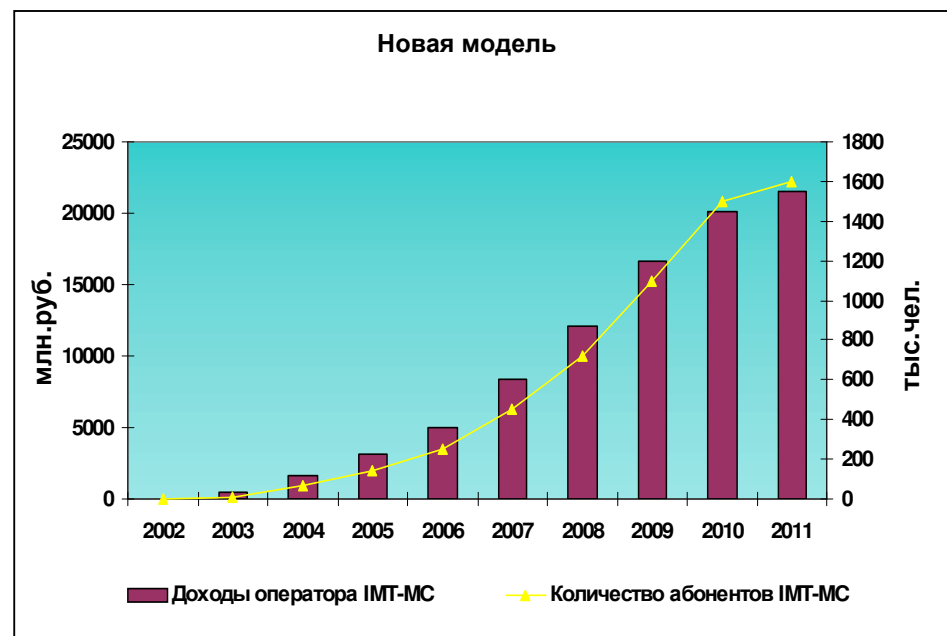
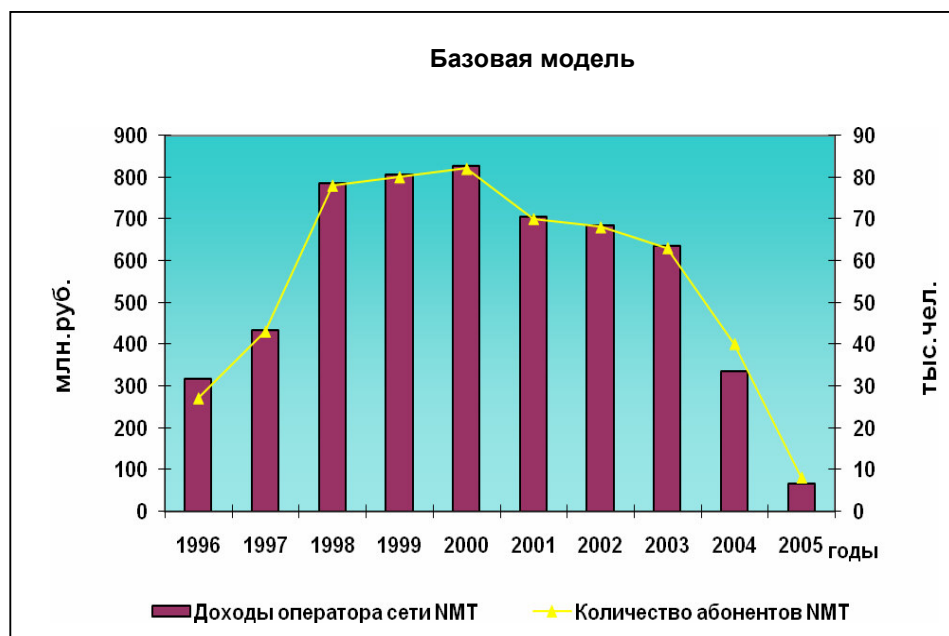
D_{баз.т} - доходы оператора подвижной связи от предоставления услуг существующей сети старого поколения;

3_{нов.т} - затраты оператора на внедрение новой радиотехнологии по модели перераспределения спектра за t-ый год;

3_{баз.т} - затраты оператора на развитие сети по базовой модели за t-ый год;

n - принятое количество временных интервалов за весь рассматриваемый период времени (в годах).

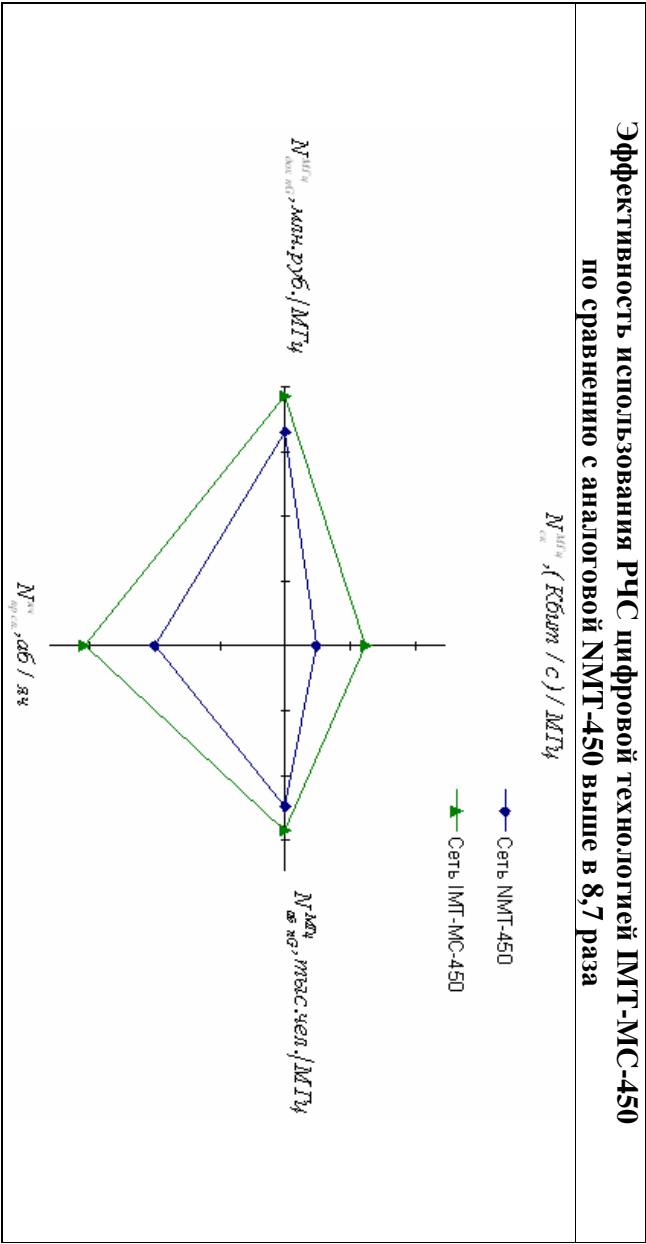
Результаты расчетов по определению доходов и количества абонентов по базовой и новой моделям развития сетей подвижной связи



$$D_{\text{НОВ}} - D_{\text{БАЗ}} = 65220 \text{ млн.руб.}$$

Показатели эффективности использования РЧС

№ п.п.	Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателей	
			Базовая модель Сеть NMT-450	Модель перераспределения Сеть IMT-МС-450
1.	Число абонентов в сети оператора, приходящихся на 1 МГц радиочастотного спектра, выделенного оператору в регионе для конкретной технологии (поколения) $N_{аб\ nG}^{MГц}$	$\frac{тыс.чел.}{MГц}$	30	70
2.	Доходы оператора сети подвижной связи n-го поколения за год, приходящиеся на 1 МГц радиочастотного спектра, выделенного оператору в конкретном регионе: $N_{дох\ nG}^{MГц}$	$\frac{млн.руб.}{MГц}$	200	700
3.	Скорость передачи данных в сети подвижной связи n-го поколения на 1 МГц радиочастотного спектра, выделенному оператору в регионе $N_{пр.сш.}^{MГц}$	$\frac{Кбит/c}{MГц}$	300	1000
4.	Средняя пропускная способность (ёмкость) одной ячейки подвижной связи n-го поколения $N_{пр.сш.}^{яч}$	$\frac{аб}{яч}$	10	120



Эффективность перераспределения РЧС

$$\mathcal{E}_{пер} = (D_{нов\ i} - D_{баз\ i}) / (3_{нов\ i} - 3_{баз\ i}) = 19$$