

ЦЕНООБРАЗОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО РЕСУРСА НА ГОСУДАРСТВЕННОМ УРОВНЕ

В.И.Котов

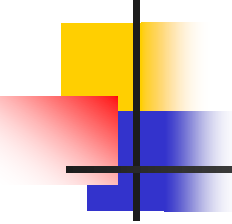
**Кафедра управления и моделирования в
социально-экономических системах**

Факультет экономики и управления

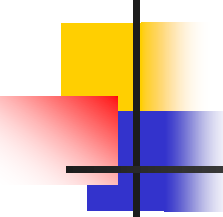
**Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций**

им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

Актуальные задачи управления использованием радиочастотного ресурса (РЧР):



- справедливое и прозрачное ценообразование (**платежи** за использование РЧР),
- оценка и мониторинг **эффективности** использования РЧР на государственном уровне,
- **конверсия** радиочастотного ресурса,
- повышение эффективности использования РЧР при **распределении свободного ресурса** между пользователями (конкурсный подход).



Существующие в мире подходы к финансированию системы управления использованием РЧР

- Традиционное финансирование через национальный бюджет.
- Аукционы (разовые платежи).
- Конкурсы (разовые платежи).
- Лотереи (разовые платежи).
- Передаваемые гибкие права на использование радиочастотного ресурса (разовые платежи).
- Платежи за использование РЧР:
 - платежи на основе доходов пользователя (разовые и ежегодные),
 - лицензионные платежи (разовые),
 - стимулирующие формулы платежей (разовые и ежегодные).
- **Ресурсный подход (разовые и ежегодные платежи)**



Республика Беларусь

(ежегодная и разовая плата)

$$C_{год} = C_{ст} \sum_{i=1}^N Z_i$$

C_{год} - размер ежегодной платы за использование радиочастотного спектра.

C_{ст} - ставка **1 евро** за использование радиочастотного спектра шириной **1 МГц** одним радиоэлектронным средством в течение **года** на территории площадью **1 кв. километр**.

Z_i - коэффициент использования ***i***-го радиочастотного канала.

N - количество радиочастотных каналов.



Республика Беларусь

(продолжение)

$$Z_i = a_i F_i S_i$$

- **a_i** - коэффициент, определяющий особенности i -го радиочастотного канала для различных радиослужб.
- **F_i** - коэффициент, зависящий от ширины полосы излучения РЭС, значение коэффициента определяется по таблице.
- **$a_i = K_1 * K_2 * K_3$**
- **K_1** - коэффициент коммерческой ценности, зависящий от используемого диапазона частот.
- **K_2** - коэффициент, зависящий от типа радиослужбы, применяемой технологии в системе радиосвязи и цели использования РЭС.
- **K_3** – коэффициент, зависящий от территориального расположения РЭС.
- **S_i** - коэффициент, зависящий от зоны обслуживания РЭС.

Республика Беларусь

(продолжение)

$$S_i = \sqrt{\frac{P_{\text{нес}} G_{\text{ант}} h_{\text{ант}}}{f_{\text{нес}}}}$$

- **$P_{\text{нес}}$** - мощность излучения РЭС на несущей частоте, (Вт).
- **$h_{\text{ант}}$** - высота подвеса передающей антенны, (м).
- **$f_{\text{нес}}$** - несущая радиочастота излучения, (МГц).
- **$G_{\text{ант}}$** - коэффициент усиления передающей антенны, (раз).



Республика Узбекистан

$$F=B*G*(E*T)$$

- **F** - плата, налагаемая на пользователя
- **G** - коэффициент, учитывающий обслуживаемую географическую зону (от 1-го до 3-х)
- **E** - коэффициент, учитывающий коммерческую ценность используемого радиочастотного спектра (от 15-ти до 85)
- **T** - минимальный размер заработной платы, установленный в Республике Узбекистан (100 тыс. сум)



Ресурсный подход к определению платежей

Следует различать:

- *радиочастотный спектр – физическое понятие*

и

- *радиочастотный ресурс – технико-экономическое понятие.*



Радиочастотный спектр

(физическое понятие)

- представляет собой совокупность радиочастот в установленных Международным союзом электросвязи пределах, которые могут быть использованы для функционирования РЭС или высокочастотных устройств,
- мерой спектра является абсолютная (в Гц, КГц, МГц, ГГц) или относительная ширина полосы частот (в %).



Радиочастотный ресурс (РЧР) (технико-экономическое понятие)

Объем занимаемый частотным назначением в спектральном пространстве ограниченном абсолютной шириной полосы частот излучения, площадью зоны действия и временным периодом, на который выдано разрешение использовать РЭС.



Единица измерения РЧР:

Частота * Пространство * Время

В системе СИ:

$$[\text{РЧР}] = \text{Гц} * \text{кв.м} * \text{с}$$

На практике:

$$[\text{РЧР}] = \text{МГц} * \text{кв.км} * \text{ГОД}$$

Свойства РЧР отражающие его специфику:



- ❖ РЧР не является материальным объектом, поэтому доступ к нему может быть осуществлен только в форме права пользования
- ❖ РЧР не является предметом купли-продажи, т.к. в соответствии с законом РФ «О связи», ст. 22, п.п. 1 и 4: *«Регулирование использования радиочастотного спектра является исключительным правом государства...»* , *«...разрешительный порядок доступа пользователей к радиочастотному спектру;...»*



Свойства РЧР *(продолжение)*

- ❖ РЧР как ресурс не амортизируется, т.е. не требует затрат на восстановление
- ❖ РЧР ограничен уровнем достигнутого научно-технического прогресса и площадью территории его использования. Имеет тенденцию расширяться по мере развития радиоэлектронных технологий, позволяющих осваивать все более высокие частоты



Свойства РЧР *(продолжение)*

- ❖ РЧР требует обслуживания, т.е.:
 - *обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС)*
 - *контроля соблюдения правил использования РЭС*
 - *обнаружения и устранения несанкционированных источников излучения, мешающих пользователю или незаконно функционирующих в регионе*



Выводы:

- РЧР не является природным ресурсом, а имеет искусственное происхождение.
- право использования РЧР аналогично **аренде** этого ресурса у государства (собственника) на ограниченный период,
- государство, предоставляя пользователю (арендатору) РЧР, несет расходы по обслуживанию этого ресурса, которые должны быть компенсированы пользователями,
- ежегодные платежи за использование РЧР следует относить на себестоимость продукции или услуг.



Плата за пользование радиочастотным ресурсом

Из закона РФ «О связи», ст. 23:

1. Для пользователей радиочастотным спектром устанавливаются разовая плата и ежегодная плата.
2. Плата за спектр направляется на:
 - *обеспечение системы контроля частот,*
 - *конверсию спектра,*
 - *перевод РЭС в другие диапазоны.*

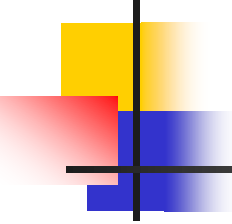


Дифференциация оплаты

Из закона РФ «О связи», ст. 23:

Плата за пользование радиочастотным спектром должна зависеть от:

- *частоты*
- *количества частот*
- *применяемых технологий*



Под количеством частот следует понимать:

Абсолютную ширину радиочастотного спектра (Δf), занимаемого радиоэлектронным средством (РЭС), соответствующую классу излучения определенному в разрешительных документах на конкретное частотное назначение (ЧН).



Применяемые технологии

(для операторов)

Технология производства и предоставления инфокоммуникационных услуг, программ радиовещания и телевидения это:

совокупность сетевых, программных, аппаратных средств, а также способов создания, передачи, обработки и контроля информационных потоков с заданным уровнем качества между операторами (производителями) и абонентами (потребителями) определенной численности в пределах обслуживаемой территории.



Применяемые технологии

(для остальных пользователей)

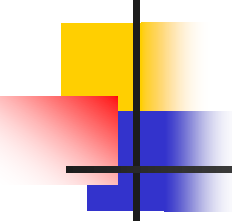
Технология использования РЭС или высокочастотных устройств (ВЧу) это:

совокупность сетевых, программных, аппаратных средств, а также способов их применения для решения производственно-технических и управленческих задач, а также не коммерческих задач граждан и организаций.



Связь применяемых технологий с объемом РЧР

Все применяемые технологии, использующие РЧР, в процессе их реализации опираются на множество частных технологий (*тип и способ обработки сигналов, сетевой доступ, защита информации, биллинг и др.*) и требуют различных объемов радиочастотного ресурса.



Факторы, влияющие на применяемые технологии

Применяемые технологии могут зависеть от:

- ❖ *площади зоны охвата РЭС*
- ❖ *плотности населения на обслуживаемой территории*
- ❖ *платежеспособного спроса населения и корпоративных клиентов*
- ❖ *коммерческой привлекательности бизнеса пользователя*
- ❖ *социальной значимости группы пользователей*



Физический объем РЧР

$$V_{\text{физ}}(i) = \Delta f(i) S(i) T \quad (\text{МГц} * \text{Кв.км} * \text{Год})$$

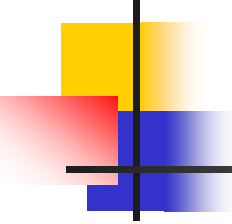
S – теоретическая площадь зоны действия РЭС, которая определяется при условии:

- изотропная антенна,
- без учета потерь в подстилающей поверхности,
- заданный уровень сигнала на границе зоны действия (например -120 дБ/Вт),
- частота, мощность передатчика, высота подвеса антенны.

Экономический объем РЧР

$$V_{\text{ЭК}}(i) = V_{\text{физ}}(i) A_{\text{ЭК}}(i) = V_{\text{РЧР}}(i)$$

$$A_{\text{ЭК}}(i) = K_f(i) Q(i) R(i) \frac{H(i) M(i)}{W(i) E(i)}$$



Аэк(i) – усредненный показатель по всем ЧН, использующим некоторую технологию, включает в себя:

- стимулирование работы в более свободных диапазонах ($K_f \leq 1$),,
- плотность населения в регионе действия РЭС ($Q \geq 1$),
- экономический показатель региона ($R \geq 1$),
- фактор коммерческой привлекательности направления использования *i*-го частотного назначения ($H(i) \geq 1$),
- фактор сложности и трудоемкости обеспечения радиоконтроля в зоне действия *i*-го ЧН ($M(i) \geq 1$),
- фактор социальной значимости использования *i* -го частотного назначения ($W(i) \geq 1$),
- фактор совместного использования *i*-го частотного назначения группой пользователей ($E(i) \geq 1$), либо на первичной или вторичной основе предоставлен ресурс.



Частотные назначения

Существующие ЧН – это те ЧН, на которые уже выданы разрешения.

Новые ЧН – это те ЧН:

- разрешения на которые ранее не выдавались,
- срок использования которых уже истек и пользователь запрашивает продление права пользования на новый срок.

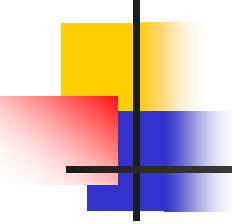


Объем РЧР страны (региона)

$$V_{\text{существующие ЧН}} = \sum_i V_{\text{РЧР}}(i) = V_{\text{сЧН}}$$

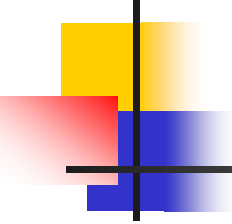
$$V_{\text{новые ЧН}} = \sum_i V_{\text{РЧР}}(i) = V_{\text{нЧН}}$$

ЧН – частотные назначения



Общие принципы ценообразования

- Каждый пользователь вносит разовую и ежегодную плату – ***принцип платности***
- Кто использует больший физический объем РЧР, тот больше платит – ***принцип справедливости***
- Методика определения размеров платежей должна быть открытой для пользователей – ***принцип прозрачности платежей***



Расходы по управлению РЧР (покрываются пользователями)

$S_{\text{контроля}}$ — Годовые текущие расходы РЧС (включая налоги и амортизацию основных фондов) связанные с обеспечением и развитием системы радиоконтроля и эксплуатационной готовности РЧР

$S_{\text{конверсии}}$ — Годовые инвестиции в проекты конверсии спектра и перевода РЭС в другие диапазоны



Цели использования платежей:

- **Ежегодные платежи (ЕГП)** пользователей направляются на обеспечение системы контроля частот, т.е. на содержание радиочастотной службы.
- **Разовые платежи (РП)** пользователей направляются на финансирование мероприятий по конверсии спектра и перевод РЭС в другие диапазоны.



Цена радиоконтроля

- ❖ Цена расходов радиочастотной службы, обеспечивающей систему контроля радиочастот (*единая для всех пользователей в регионе или в стране в целом*):

$$P_{РЧР} = \frac{C_{\text{контроля}}}{V_{\text{сЧН}}}$$



Цена конверсии

- ❖ Цена конверсии и перевода РЭС в другие диапазоны частот (*единая для всех пользователей в регионе или в стране в целом*):

$$P_{\text{конв}} = \frac{C_{\text{конверсии}}}{V_{\text{нЧН}}}$$



Ежегодные платежи

Размер ежегодного платежа пользователя за объем РЧР существующего i -го ЧН:

$$EGП(i) = P_{РЧР} V_{сЧН}(i)$$

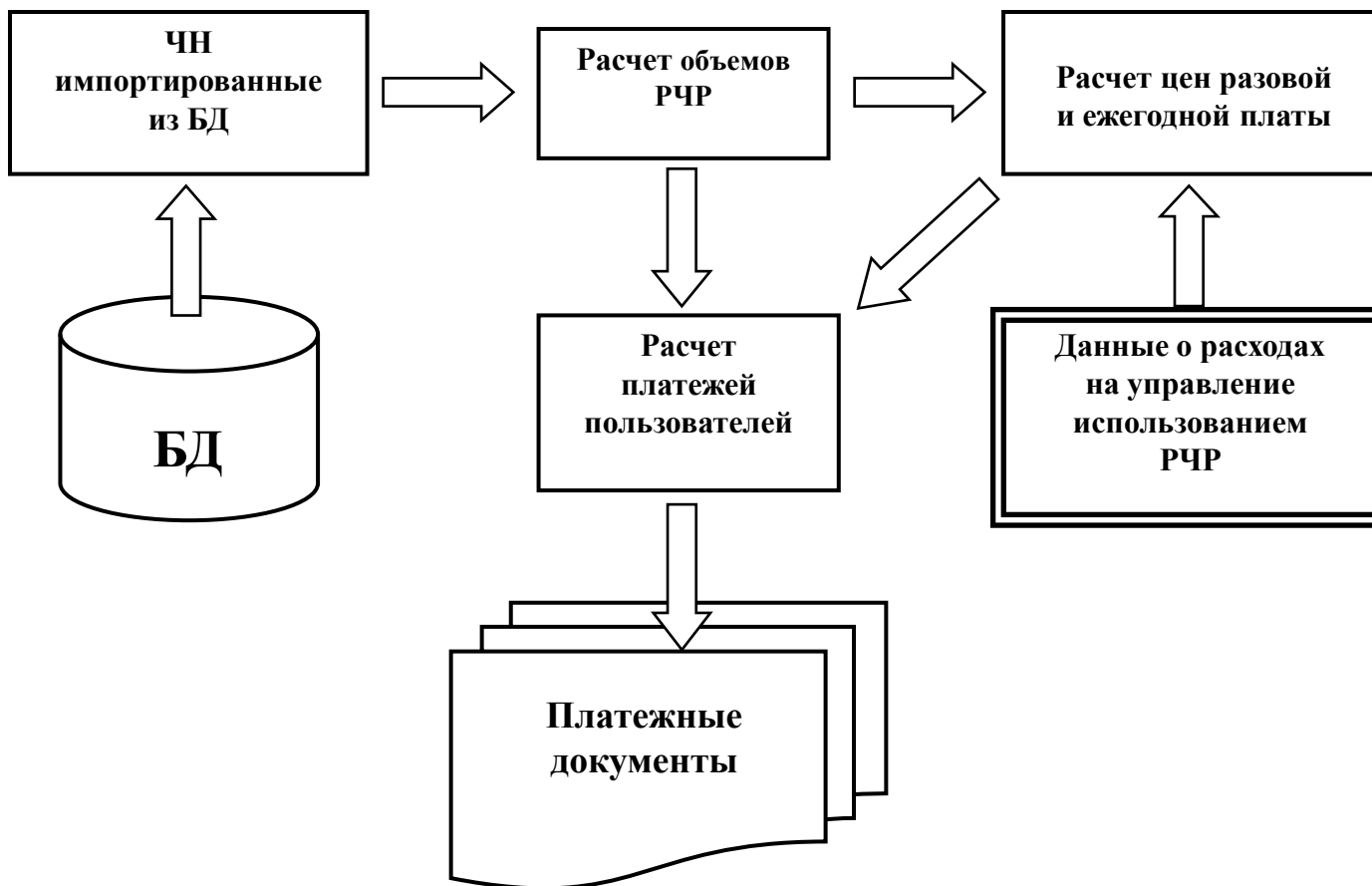


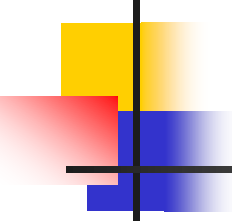
Разовые платежи

Размер разового платежа пользователя, получившего новое i -е ЧН с определенным объемом РЧР:

$$RP(i) = P_{конв} V_{нЧН}(i)$$

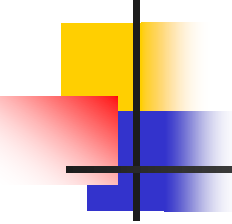
Модель расчета платежей





Алгоритм расчета объема РЧР, цен и размеров платежей

- Определение физического и экономического объема РЧР для каждого ЧН.
- Определение суммарного объема РЧР в стране (регионе).
- Определение государственных расходов на управление РЧР (стоимость РЧР).
- Определение цен за единицу РЧР.
- Определение размеров разовой и ежегодной платы за каждое частотное назначение.
- Определение суммарных платежей пользователей.



Единый критерий дифференциации размеров платежей

Размер платежа за любое частотное назначение зависит только от:

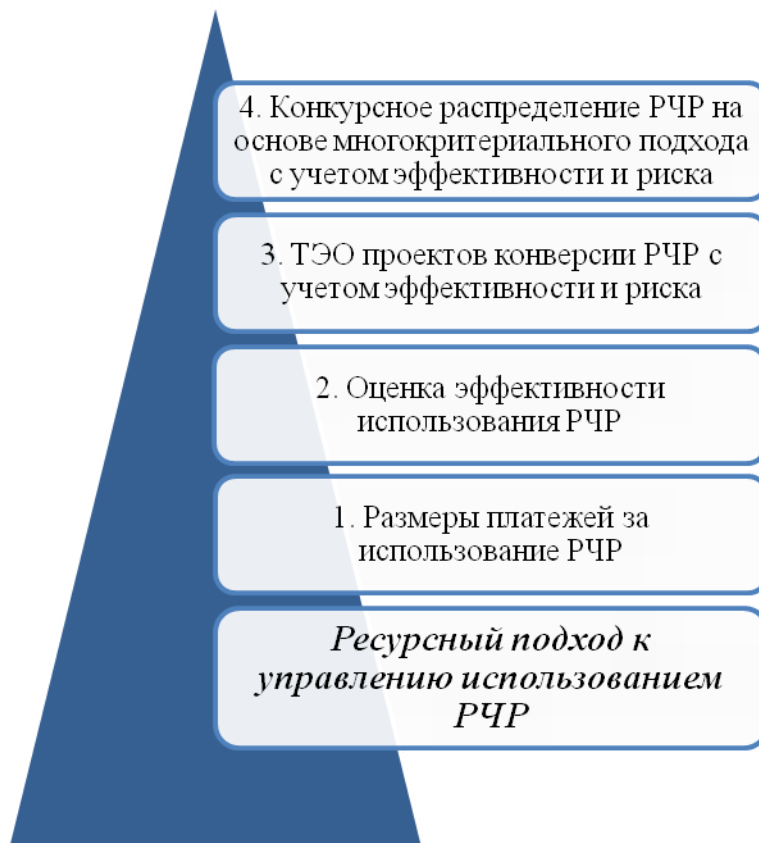
- *объема используемого РЧР*
- *цены за единицу этого ресурса*



Преимущества ресурсного подхода к ценообразованию

- ❖ *Стимулирует пользователей работать в относительно свободной высокочастотной части радиочастотного спектра.*
- ❖ *Стимулирует пользователей эффективно использовать РЧР за счет уменьшения зоны покрытия, т.е. снижению мощности излучения РЭС и высоты подвеса антенны, применению направленных антенн и др.*
- ❖ *Стимулирует пользователей работать в удаленных и малонаселенных регионах.*

Иерархия задач управления использованием РЧР, решаемых на основе ресурсного подхода



Внедрение ресурсного подхода в Республике Казахстан

(приказ Минсвязи и информации РК № 295 от 29.09.2011)

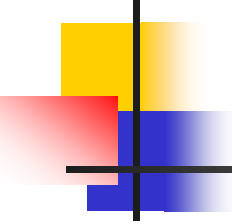
<i>P</i> - цена за единицу РЧР	тенге / МГцКвКМГод	96.30
<i>C</i> - суммарные расходы на управление использованием РЧР в РК	тыс. тенге	5 566 410
<i>ЭЭИ</i>_{физ} (без учета налогов коммерческих пользователей)	тенге / МГцКвКМГод	146.40

<i>Вид связи</i>	<i>S - площадь зоны действия</i>	<i>Структура S</i>	<i>V физ</i>	<i>Экономич. объем РЧР сэж</i>	<i>Ср. размер платежа за 1 ЧН</i>	<i>Кол-во ЧН</i>
	<i>кв. км</i>	<i>%</i>	<i>МГц КвКм Год</i>		<i>тыс. тенге</i>	<i>шт.</i>
GSM	3 702 779	33.7%	4 497 478	30 865 443	53	56 030
CDMA, EGSM, AMPS, DECT, GSM-4-го оператора	315 852	2.9%	2 869 786	20 642 698	526	3 780
РРЛ	9 752	0.1%	135 335	393 422	14	2 802
ЗССС	2 984	0.0%	114 634	352 052	16	2 106
Транкинговые	62 722	0.6%	104 953	488 366	145	324
УКВ	341 541	3.1%	212 555	438 660	23	1 824
ТВ	3 688 783	33.5%	29 510 261	3 581 739	105	3 285
РВ	2 667 830	24.3%	427 678	450 505	110	394
КВ	171 839	1.6%	2 673	31 465	9	350
WWL	971	0.0%	6 074	45 708	19	236
Радиоудлиннители	9 511	0.1%	383	15 127	4	411
СБПД и СПД	7 857	0.1%	126 876	429 928	245	169
Прочие	17 727	0.2%	13 426	69 317	40	165
ИТОГО:	11 000 147	100%	38 022 112	57 804 428	77	71 876
Территория РК (кв.км)	2 724 900	400 ГГц	1 089 960 000			
Доля фактич. РЧР от потенциально-возможного			3.49%			



ЭФФЕКТИВНОСТЬ

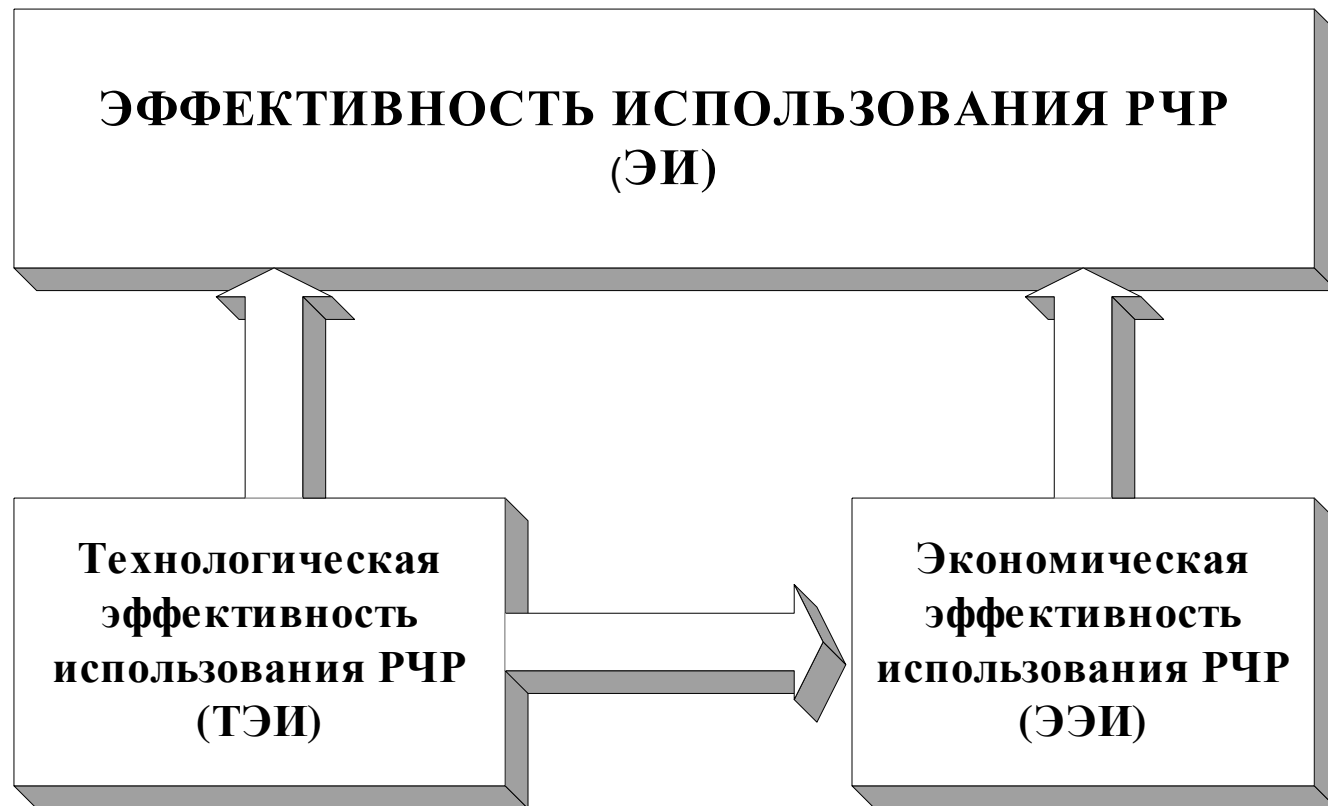
УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОЧАСТОТНОГО РЕСУРСА *(на государственном уровне)*



Для определения эффективности использования любого ресурса необходимо знание:

- **Физического и экономического объемов ресурса** (МГц*кв.км*год).
- **Экономически обоснованной системы платежей** за использование ресурса.
- **Субъекта эффективности**, т.е. для кого определяется эффективность использования ресурса.

Комплексный подход к оценке эффективности:





Технологическая эффективность использования РЧР:

$$TЭИ_{инф} = \text{Кол-во информации} / V_{физ} = V_{инф} / V_{физ}$$

(Мбит/МГц кв. км год),

$$TЭИ_{аб} = \text{Кол-во абонентов} / V_{физ} = N_{аб} / V_{физ}$$

(тыс. шт./МГц кв. км год),

$$TЭИ_{тр} = \text{Кол-во трафика} / V_{физ} = M_{тр} / V_{физ}$$

(тыс. мин. /МГц кв. км год)

Показатели экономической эффективности использования РЧР

- Экономическая эффективность использования РЧР:

$$\text{ЭЭИ}_{\text{РЧР}} = \frac{\text{ДГ}}{V_{\text{РЧР}}} = \frac{\text{ДГ}}{V_{\text{физ}} A_{\text{эк}}}$$

здесь ДГ – доход государства включающий платежи за использование ресурса, плюс налоги операторов, плюс часть налогов коммерческих пользователей (не операторов).

- Оценка упущенной выгоды для государства:

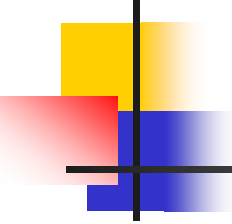
$$\text{УВГ} = V_{\text{ФИЗ не используемый}} \text{ЭЭИ}_{\text{РЧР}}$$

Связь между технологической и экономической эффективностью

$$TЭИ = \frac{V_{инф}}{V_{физ}}$$

$$ЭЭИ = \frac{ДГ}{V_{физ} A_{эк}}$$

$$ЭЭИ = TЭИ \frac{ДГ}{V_{инф} A_{эк}}$$



Динамика изменения цены ежегодной платы, как индикатор эффективности

$$P_{РЧР}(t) = \frac{C_{\text{контроля}}(t)}{V_{\text{сЧН}}(t)}$$

- Если год от года цена растет, то рост текущих затрат государства на управление опережает рост объемов РЧР.
- Если цена падает, то рост текущих затрат отстает от роста объемов РЧР.



Анализ ценовой динамики

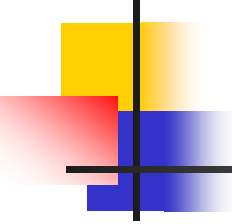
$$P_{РЧР}(t+1) = \frac{C_{\text{контроля}}(t+1)}{V_{\text{сЧН}}(t+1)} = \frac{C_{\text{контроля}}(t)(1+i)(1+a)}{V_{\text{сЧН}}(t)(1+b)}$$

$$P_{РЧР}(t+1) = P_{РЧР}(t) \frac{(1+i)(1+a)}{(1+b)}$$

i – темп инфляции (*внешний фактор*)

a – темп неинфляционного роста расходов РЧС
(*внутренний фактор*)

b – темп роста объема РЧР (*внутренний фактор*)



Индекс экономической эффективности управления использованием РЧР:

$$\frac{P_{РЧР}(t)(1+i)}{P_{РЧР}(t+1)} = \frac{1+b(t+1)}{1+a(t+1)} = ИЭЭ(t+1)$$

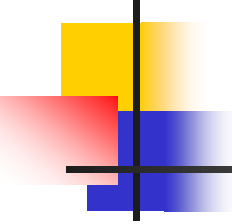
$a > b$ – экономическая эффективность управления использованием РЧР **снижается** ($ИЭЭ < 1$),

$a < b$ – экономическая эффективность управления использованием РЧР **растет** ($ИЭЭ > 1$).



Мониторинг показателей управления использованием РЧР:

- **Общее количество ЧН** в стране (регионе). Для статистического учета.
- **Средний объем РЧР одного ЧН** в стране (регионе). Для статистического анализа показателей экономической эффективности использования РЧР.
- **Количество ЧН на 1-го работника** радиочастотной службы. Для оценки производительности труда в системе радиоконтроля.
- **Плотность ЧН (шт./ кв.км)** в стране (регионе). Этот показатель свидетельствует о степени проникновения радиотехнологий.



Мониторинг показателей управления использованием РЧР: (продолжение):

- **Плотность РЭС (шт./ кв.км)** в стране (регионе). Этот показатель вместе с размерами территории обслуживания влияет на временные, трудовые и финансовые затраты радиочастотной службы, осуществляющей радиоконтроль.
- **Количество РЭС на 1-го работника** радиочастотной службы. Этот показатель связан с производительностью труда в службе.
- **Объем РЧР на 1-го работника** радиочастотной службы. Этот показатель также связан с производительностью труда в службе.



Данная методология позволит:

- Объективно оценить эффективность управления использованием РЧР.
- Построить обоснованную систему материального стимулирования работников радиочастотной службы в зависимости от достигнутых показателей эффективности управления использованием РЧР.
- Оценить выгоду для государства от будущей программы конверсии радиочастотного ресурса и перевода гражданских РЭС в другие диапазоны.
- Регулярно проводить сравнительный анализ управления использованием РЧР в регионах.
- При прогнозировании потребности в новых ЧН оценивать экономическую отдачу от них.



Литература:

1. Справочник по управлению использованием спектра на национальном уровне. Международный союз электросвязи. ITU, 2005, с. 286–301
2. Экономические аспекты управления использованием спектра Отчет МСЭ-р серия SM, 1997
3. Economic Aspects of Spectrum Management (addendum to ITU-r report sm.2012-1) Radiocommunication Study Groups, July 2002
4. Definition of spectrum use and efficiency of a radio system. Recommendation ITU-R SM.1046-2, 2006
5. Котов В.И. Эффективность использования радиочастотного ресурса и подходы к ее оценке// Электросвязь. – 2009. – № 7
6. Котов В.И. Экономические методы управления радиочастотным ресурсом и эффективность его использования на государственном уровне. Изд-во «Линк», СПб, 2009



Доклад окончен

- **Есть ли вопросы?**
- **Благодарю за внимание.**