

УДК 621.391.82

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ УДЕЛЬНОГО ДОХОДА ОПЕРАТОРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНВЕРСИИ РЧС

В. А. Коваль, генеральный директор ООО «Гейзер Телеком»; koval@geyser-telecom.ru

В. О. Тихвинский, заместитель генерального директора ООО «АйКомИнвест» по инновационным технологиям, д.э.н., проф.; vtiiir@mail.ru

Представлены методический подход и результаты моделирования удельной доходности радиочастотного спектра (РЧС) на 1 МГц полосы в секторе мобильной связи на основе ежегодных статистических данных об объеме радиочастотного спектра, используемого мобильными операторами связи, а также об их доходах в зависимости от предоставляемых абонентам услуг и реализуемых технологий. Удельная доходность спектра является рыночным показателем текущего спроса операторов связи на РЧС. Используя этот показатель, можно решить задачу оптимизации методами линейного программирования расходов государственного бюджета на конверсию полос частот для различных радиотехнологий мобильной связи.

Ключевые слова: радиочастотный спектр, конверсия спектра, оптимальное распределение частотных ресурсов, удельный доход оператора мобильной связи.

Введение. Задача распределения ежегодно выделяемых из государственного бюджета средств на конверсию радиочастотного спектра в интересах внедрения перспективных радиотехнологий решается без оценки экономической эффективности конверсии РЧС в каждой из подлежащих конверсии полос частот. Проведенные ранее исследования свидетельствуют о существенных перекосах в распределении средств государственного бюджета и об их низкой отдаче [1].

При построении модели оценки экономической эффективности конверсии РЧС, основанной на решении задачи оптимизации методами линейного программирования, важную роль играет показатель ожидаемой удельной доходности спектра на 1 МГц полосы для перспективной радиотехнологии: он определяет как доходы оператора связи, так и возврат средств, затраченных государством на конверсию РЧС [2]. Удельная доходность спектра на 1 МГц, являясь рыночным показателем текущего спроса операторов связи на РЧС, позволяет определить радиотехнологии с низкой доходностью, несущие социальную нагрузку. Расчет удельной доходности спектра на 1 МГц может быть выполнен как с использованием статистических данных по внедряемым радиотехнологиям, так и на основе прогнозов доходности, учитывающих потенциал и рыночные ожидания операторов связи [3].

Распределяя затраты на конверсию РЧС на основе критерия максимизации доходов операторов, владелец бюджетных средств, выделяемых на работы по конверсии РЧС, может обеспечить максимизацию экономической эффективности конверсии РЧС в стране.

Модель оценки экономической эффективности конверсии РЧС. Оценка экономической эффективности конверсии РЧС в j -м году для используемых и перспективных радиотехнологий (РАТ) может быть выполнена с применением линейной оптимизационной модели [3]. Эта модель учитывает возможные варианты выбора ширины полос конверсии РЧС $[f_1, f_2, f_3, \dots, f_n] \in ||F||$ для соответствующих технологий РАТ $_i \in ||RAT||$, при которых достигается максимизация це-

левой функции C , выражающей совокупный доход операторов в j -м году от этого выбора элементов матрицы величин частотного ресурса $||F||$ для $||RAT||$.

Рассматриваемая экономическая модель оценки эффективности конверсии РЧС обоснована и представлена в следующем виде [4]:

$$C = c_1 f_1 + c_2 f_2 + c_3 f_3 + c_4 f_4 + \dots + c_n f_n \rightarrow \max,$$

где C — целевая функция, представляющая линейный функционал, который зависит от f_i — частотного ресурса, высвобождаемого в результате конверсии для i -й технологии РАТ $_i$; c_i — удельный доход оператора мобильной связи на 1 МГц полосы частот, выделяемой для развития i -й технологии РАТ $_i$.

При построении оптимизационной модели рассматривались два сценария: распределение средств на организационно-технические мероприятия (ОТМ) по конверсии РЧС и на перевооружение Минобороны на новые образцы вооружения и военной техники. Учитывались также ограничения на время проведения ОТМ и перевооружения, что определило ограничения для системы линейных неравенств:

$$a_{11} f_1 + a_{21} f_2 + a_{31} f_3 + a_{41} f_4 + \dots + a_{i1} f_i \leq 0,8 \text{ ГБА};$$

$$a_{12} f_1 + a_{22} f_2 + a_{32} f_3 + a_{42} f_4 + \dots + a_{i2} f_i \leq 12;$$

$$a_{13} f_1 + a_{23} f_2 + a_{33} f_3 + a_{43} f_4 + \dots + a_{i3} f_i \leq 0,2 \text{ ГБА};$$

$$a_{14} f_1 + a_{24} f_2 + a_{34} f_3 + a_{44} f_4 + \dots + a_{i4} f_i \leq 12,$$

где ГБА — годовой фонд госбюджетных ассигнований, выделенных на проведение конверсии РЧС в j -м году (12 месяцев); $f_i (i = \overline{1, n})$ — частотный ресурс, подлежащий конверсии для развития i -й радиотехнологии РАТ $_i$ в j -м году; a_{ik} — коэффициенты, определяющие удельные финансовые и временные затраты на 1 МГц полосы частот при k -м варианте проведения конверсии РЧС для развития i -й технологии РАТ $_i$ в j -м году; 0,2 ГБА и 0,8 ГБА — ограничения линейных неравенств, которые определяют допущения при распределении госбюджетных ассигнований, выделенных на конверсию РЧС при проведении ОТМ и перевооружение Минобороны на новые РЭС соответственно.

Для оптимизации ежегодных затрат на конверсию РЧС необходимо найти вариант распределения средств государственного бюджета между перспективными РАТ-технологиями, максимизирующий доходы оператора и, как следствие, налоги, выплачиваемые государству, которые можно рассматривать как механизм возмещения понесенных государством затрат на конверсию РЧС.

Модель расчета показателя удельного дохода оператора связи. Целью разработки модели являются создание методики и проведение расчета коэффициентов $[c_1, c_2, \dots, c_n]$ оптимизационной модели распределения финансовых ресурсов, ежегодно выделяемых на конверсию, между полосами, подлежащими конверсии, для совокупности РАТ-технологий.

Кроме того, модель позволяет определить текущую ценность спектра для операторов мобильной связи и прогнозировать будущую.

Допущения. При разработке модели расчета показателя удельного дохода операторов на 1 МГц используемого спектра был принят ряд допущений. Они получены на основе анализа рынка и операционной деятельности крупнейших операторов мобильной связи России [5—7]:

1. Сети операторов мобильной связи, использующие технологию GSM (2G), в диапазоне как 900, так и 1800 МГц обеспечивают в основном предоставление услуг передачи речи и коротких сообщений на основе технологии коммутации каналов. Процентное соотношение трафика речевых услуг и услуг передачи данных в модели для сетей GSM принято равным 90:10.

2. Сети операторов мобильной связи UMTS (3G), используя технологию коммутации пакетов, в 90% случаев работают с услугами передачи данных, а в оставшихся 10% случаев — с речевыми услугами.

3. Для оценок среднемесячной выручки оператора мобильной связи на одного абонента от предоставления речевых услуг (Average Revenue per Voice, ARPVo) и среднемесячной выручки оператора мобильной связи на одно устройство от услуг передачи данных (Average Revenue per Data, ARPD), с учетом прочих дополнительных неголосовых услуг (VAS), использующих технологию передачи данных, использовались усредненные экономические показатели операторов «большой тройки» (BIG3) за каждый текущий год соответственно.

Средний годовой доход от речевых услуг операторов мобильной связи D_{voice} , реализующих технологию GSM и UMTS, с учетом распределения трафика в совмещенных сетях 2G/3G рассчитывался по формуле

$$D_{\text{voice}} = 12N_a \text{ ARPVo},$$

где N_a — число абонентов сети, использующих речевые услуги.

Средний годовой доход D_{data} от услуг передачи данных, получаемый операторами мобильных сетей, рассчитывался по формуле

$$D_{\text{data}} = 12N_{\text{ad}} \text{ ARPD},$$

где N_{ad} — число абонентов сети, использующих услуги передачи данных; $N_a \geq N_{\text{ad}}$, и в модели, с учетом результатов маркетинговых исследований, было принято $N_{\text{ad}} = 0,8N_a$.

Для упрощения оценки распределения доходов от трафика речевых услуг между базовыми станциями сети GSM в диапазоне 900 и 1800 МГц было принято допущение, что объем трафика, пропускаемого в каждом из диапазонов GSM-сети, пропорционален количеству базовых станций сети.

Вес каждого диапазона в доходах операторов мобильной связи, использующих технологии GSM-900 и GSM-1800, определялся следующим образом:

$$\beta_{900} = N_{\text{БС}900} / (N_{\text{БС}900} + N_{\text{БС}1800});$$

$$\beta_{1800} = N_{\text{БС}1800} / (N_{\text{БС}900} + N_{\text{БС}1800}),$$

где $N_{\text{БС}900}$ и $N_{\text{БС}1800}$ — число базовых станций диапазонов GSM-900 и GSM-1800, используемых в инфраструктуре сети в соответствующем году развития (табл. 1).

Как видно из табл. 1, к 2008 г. операторами был достигнут паритет по числу базовых станций GSM-900 и GSM-1800 ($\beta_{900} = \beta_{1800} = 0,5$) для построения инфраструктуры сети, несмотря на разницу в 2,2 раза в объеме частотного ресурса этих диапазонов, используемого операторами (рис. 1).

Таблица 1. Усредненные расчетные значения коэффициентов β_{900} и β_{1800} по годам развития сетей операторов «большой тройки»

Коэффициенты использования инфраструктуры	Соотношение числа БС GSM-900/GSM-1800 в инфраструктуре сетей 2G					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
β_{900}	0,5	0,45	0,4	0,4	0,4	0,4
β_{1800}	0,5	0,55	0,6	0,6	0,6	0,6

Следовательно, в течение последних пяти лет стратегия операторов постепенно изменялась в сторону более массового использования частотного ресурса GSM-1800 ($\beta_{1800} = 0,6 > \beta_{900}$), что связано с рядом причин. Это и появление дополнительного частотного ресурса после конкурсного распределения лицензий GSM-1800 в 2007 г., и стремление операторов повысить доходность бизнеса благодаря переходу на модели планирования радиопокрытия сетей на основе «малых сот» (Small cell), с тем чтобы собирать трафик в зонах его высокой плотности, и необходимость удовлетворения резкого роста спроса на трафик услуг передачи данных и VAS.

В приведенных ниже расчетах с использованием данной модели приняты также допущения, показанные на рис. 1 и 2. Имеются в виду допущения об использовании операторами доступного частотного ресурса в совмещенных сетях UMTS/GSM-1800/GSM-900, а также об изменении долей неголосовых услуг (VAS) на основе передачи данных и голосовых услуг (услуг передачи речи) в ежегодных доходах операторов. Эти изменения являются следствием конкурсов Россвязи в 2007 г., на которых было разыграно 99 лотов на частотный ресурс GSM-1800 на территории 62 субъектов РФ и 4 лота на GSM-900 в четырех субъектах РФ, а также мероприятий по конверсии РЧС в 2008—2013 гг.

Как видно из рис. 1, операторы совмещенных сетей 2G/3G обладают наибольшим частотным ресурсом в диапазонах GSM-1800 и UMTS: в среднем 14,8 МГц [6] и 15 МГц соответственно, а наименьшим — в диапазоне GSM-900 (8—9 МГц). Несмотря на выделенные полосы частот, операторы задействуют не весь частотный ресурс — из-за незавершенности

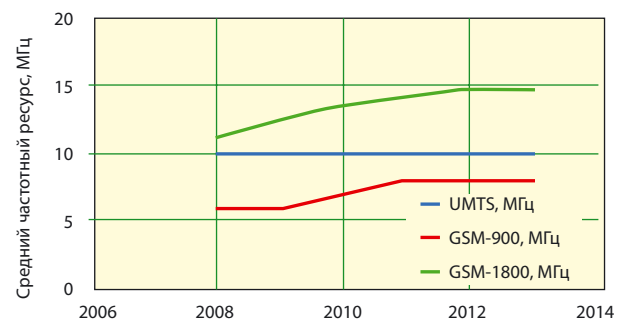


Рис. 1. Средний частотный ресурс

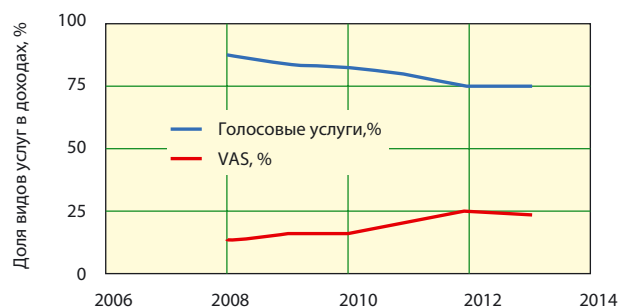


Рис. 2. Доля видов услуг в доходах

процесса конверсии и ограничений со стороны Минобороны РФ. Например, из выделенных 15 МГц для сетей UMTS операторы BIG3 в среднем используют только 10 МГц, что было учтено при моделировании.

В расчете основных показателей модели удельной доходности спектра на 1 МГц полосы для сетей 2G/3G учитывались данные об операционной деятельности BIG3 в России (табл. 2). Их анализ свидетельствует о замедлении роста среднемесячных доходов операторов от услуг передачи данных, снижении доходов от речевых услуг и SMS за счет массового внедрения приложений OTT, а также о переходе операторов к работе в низкодоходных сегментах мобильного рынка (темпы прироста абонентов выше темпов прироста доходов) [7].

Таблица 2. Обобщенные показатели операционной деятельности «большой тройки» в России, по годам

Показатели	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ARPU, руб.	344	291	302	313	315	325
ARPD, руб.	52	56	63	76	90	92
ARPVo, руб.	292	235	239	236	225	233
MOU (количество минут использования), мин	208	213	234	269	304	337
Среднее число абонентов, млн	155,6	170,4	180,1	188,8	189,9	197,6

Результаты расчета удельной доходности спектра на 1 МГц полосы для RAT-технологий 2G/3G показаны в табл. 3.

Таблица 3. Удельная доходность спектра на 1 МГц полосы для 2G/3G по годам

Параметры	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Значения доходности 1 МГц полосы C_i для RAT _i , млрд руб.	GSM-900	41,52	33,12	27,18	24,78	23,93	25,75
	GSM-1800	13,84	14,29	17,84	20,09	19,40	20,88
UMTS	12,47	13,08	14,91	17,82	19,84	21,15	

Полученные результаты моделирования свидетельствуют о существенном (в 1,6 раза) снижении доходности спектра в полосе GSM-900: с 41,5 до 25,75 млрд руб. в год. И в то же время этот диапазон остается лидером по доходности технологий мобильной связи. Если принять во внимание данный фактор, конверсия оставшегося частотного ресурса в полосе E-GSM (7,6—8,4 МГц) позволит существенно пополнить доходы оператора: они могут составить от 100 до 200 млрд руб. в год.

За последние пять лет доходность частотного ресурса, используемого сетями UMTS, выросла почти в 1,7 раза — до 21,15 млрд руб. на 1 МГц, что связано с лавинообразным спросом на услуги передачи данных и VAS. Проведение конверсии спектра в полосе UMTS шириной 5 МГц (третий номинал сети UMTS из трех выделенных операторам BIG3) может привести к увеличению дохода оператора связи еще на 100 млрд руб. при существующем спросе на трафик передачи данных.

Доходность частотного ресурса, используемого сетями GSM-1800, достигла 20,88 млрд руб. на 1 МГц, увеличившись за последние пять лет в 1,5 раза. По сравнению с UMTS эти

темпы роста ниже, несмотря на повышение доли GSM-1800 в инфраструктуре сетей 2G.

Заключение. Рассмотренная модель оценки экономической эффективности конверсии РЧС, основанная на решении задачи оптимизации методами линейного программирования, позволяет сделать важные выводы.

Удельная доходность спектра на 1 МГц полосы, являясь рыночным показателем текущего спроса на радиочастотный спектр у операторов мобильной связи, позволяет выделить радиотехнологии с высоким уровнем такого спроса для определения приоритетов в конверсии диапазонов частот и выделяемых на нее средств из годового бюджета.

Ежегодное удвоение спроса по объемам потребляемого абонентами мобильных сетей 2G/3G трафика передачи данных и VAS не приводит к аналогичным темпам роста доходов операторов. Так, доход от услуг передачи речи за последние пять лет вырос лишь в 2,2 раза. Это свидетельствует о необходимости внедрения технологий с более низкими затратами на единицу потребляемого трафика и с более высокими скоростями на единицу выделяемого спектра, таких как LTE и LTE Advanced.

Полученные результаты моделирования свидетельствуют о существенном (в 1,6 раза) снижении доходности спектра в полосе GSM-900 (с 41,5 до 25,75 млрд руб. в год), однако этот диапазон остается лидером по доходности технологий мобильной связи. Следующим по уровню доходности стал частотный ресурс, используемый сетями UMTS, удельная доходность которого постоянно растет и достигла уровня 21,15 млрд руб. на мегагерц за счет растущего спроса на услуги передачи данных и VAS. Удельная доходность частотного ресурса сетей GSM-1800 оценивается в 20,88 млрд руб. на мегагерц и приближается к доходности сетей UMTS.

Значения показателей удельной доходности спектра в полосе GSM-900/GSM-1800, UMTS позволяют прогнозировать эти показатели для соответствующих радиотехнологий, благодаря чему можно оптимизировать распределение ежегодно выделяемых из государственного бюджета средств на конверсию радиочастотного спектра в интересах внедрения перспективных радиотехнологий с учетом их экономической эффективности в каждой из подлежащих конверсии полос частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихвинский В. О., Коваль В. А. Применение методов оценки экономической эффективности при конверсии радиочастотного спектра // Радиочастотный спектр. — 2012. — № 11. — С. 18—20.
2. Тихвинский В. О., Коваль В. А. Исследование экономических аспектов конверсии радиочастотного спектра в России // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. — 2013. — № 12. — С. 101—103.
3. Коваль В. А., Тихвинский В. О. Комплексная взаимосвязанная модель оценки эффективности конверсии радиочастотного спектра // Электросвязь. — 2013. — № 3. — С. 37—40.
4. Вагнер Г. Основы исследования операций / Т. 1—3. — М.: Мир, 1972.
5. Роскомнадзор РФ. Публичные доклады 2010—2012 гг.
6. Решение ГКРЧ № 12—15—03 от 2 октября 2012 г. «Об использовании полос радиочастот 1710—1785 МГц и 1805—1880 МГц радиоэлектронными средствами стандарта GSM».
7. Годовые отчеты ОАО «МегаФон», ОАО «МТС», ОАО «ВымпелКом» за 2008—2012 гг.

Получено 18.02.14