

В. А. ВИШНЯКОВ, А. В. ТАБАНЬКОВ

## ИНФОРМАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА В РБ

*Проанализированы направления управления эффективностью радиочастотным спектром (РЧС), дан анализ этого направления за рубежом. Рассмотрены методики оценки технической, экономической и социальной эффективности использования РЧС. Приведена структура системы ПО для информационного управления эффективностью использования РЧС.*

*The directions of efficiently information management for radiofrequencies spectrum (RFS) use are analyzed. The analyses of such direction abroad are done. The appreciation technology of technical, economical, social efficiency for radiofrequencies spectrum use are discussed. The software structure of information management for radiofrequencies spectrum use are proposed,*

**Введение.** Расширение существующих услуг и развитие новых видов беспроводных систем передачи данных, телевидения и радиовещания сопровождается быстро возрастающей потребностью в радиочастотном спектре (РЧС). Кроме того радиочастотный спектр является ограниченным ресурсом и вопрос о его эффективном использовании является актуальным. Использование спектра дает весомый вклад в валовой внутренний продукт. Повышение отдачи от РЧС зависит не только от пользователей, но и от системы распределения и управления этим ресурсом, а также от развития радиотехнологий [1–3]. Анализу современных исследований в области регулирования использования РЧС посвящены работы С М Алексева, М А Быховского, В Э Веерпалу, Е Е Володиной, В Г Дотолева, А Е Крупнова, В Э Ноздрина, В П Уродливченко и другие [2]. Значимый вклад в изучение проблемы управления РЧС в рыночной экономике, платности его использования, финансирования процессов управления и контроля за использованием РЧС внесли иностранные ученые: И. Бауер, Крис Доуэл, П. Даймонд, М. Кейв, Д. Мирлис, А. Форстер, Н. И. Бушер, Р. Матесон [3].

**Зарубежный опыт** [4]. В Великобритании администрация расширяет использование рыночных инструментов управления спектром, таких как установление цен на частотные диапазоны. Выделим два момента. Первый заключается в том, что рыночные силы используют

ся в качестве дополнения к регламентированию, а не как его полная замена. Регламентирование продолжает играть главную роль в управлении радиочастотным спектром для того, чтобы:

- содействовать гармонизации и координации использования частот в рамках решений Международного союза электросвязи (ITU), Европейской комиссии почты и связи (CEPT) и ЕС;
- решать вопросы, связанные с помехами и нелегальным использованием спектра;
- обеспечить эффективную конкуренцию и поддерживать многообразие услуг, включая доступ к частотному спектру для малых предприятий;
- гарантировать доступ к спектру для оперативных нужд, возникающих у государственных служб и служб жизнеобеспечения.

На практике в Великобритании регламентирование и рыночные методы объединены. Различные службы радиосвязи имеют различные характеристики, и для них может потребоваться различный подход. Вторым моментом является в том, что варианты решений, принятые в Великобритании, не обязательно применимы везде. Существующие условия, как, например, соотношение между спросом на спектр и наличием конкретных частотных диапазонов, а также темпы рыночных изменений, в разных странах разные, и они будут влиять на выбор методов управления спектром.

Отличительная особенность политики Великобритании состоит в том, что цены на частотные диапазоны для государственного сектора, включая вооруженные силы и аварийные службы, устанавливаются на уровне, сопоставимом с уровнем цен для частного сектора. В настоящее время установление цен на спектр осуществляется в рамках существующего распределения частот. Предельные стоимости частотных диапазонов могут использоваться в качестве показателя совпадения существующего распределения частот с наиболее экономически выгодным распределением. Если предельная стоимость спектра для одного какого-то типа использования намного выше, чем для другого, то это указывает на то, что было бы выгоднее предоставить больший частотный диапазон для первого типа использования [4].

**Методики эффективности РЧС.** Под эффективностью использования РЧС будем понимать совокупность технических, экономических и социальных действий направленных на максимально возможное обеспечение потребностей государства [3, 4]. На основании этого эффективность разделим на виды: техническая, экономическая и социальная. Право на использование РЧС предоставляется путем выделения полосы радиочастот, радиочастотного канала или радиочастоты и (или) присвоения (назначения) радиочастоты или радиочастотного канала. Решения госкомитета по РЧ (ГКРЧ) на выделения РЧС следующие: для разработки и модернизации производства радиоэлектронных средств; для их эксплуатации.

Рассмотрим решения на выделения РЧС для эксплуатации радиоэлектронных средств, которые бывают общими и частными. Частные касаются конкретного пользователя (оператора) радиочастотного спектра и конкретной технологии. В большинстве случаев при выделении пользователям полос радиочастот планирование использования каналов осуществляется им самим. Выделим пользователей, имеющих только частные решения ГКРЧ, с учетом разделения по технологиям. Необходимо отметить, что не для всех сетей электросвязи можно проводить оценку эффективности использования РЧС. Так некоторые субъекты хозяйствования используют выделенный им радио-

частотный спектр в своих технологических процессах. Такими субъектами являются службы такси, лесное хозяйство и др. Поэтому предлагается всех пользователей радиочастотного спектра разделить на тех, кто получает прямую выгоду от использования ими радиочастотного спектра, и тех, кто получает косвенную выгоду. Деление по этим группам предлагается осуществлять по такому критерию – субъекты хозяйствования, которые используют выделенный им спектр для предоставления услуг электросвязи другим субъектам хозяйствования или физическим лицам отнести к первой группе, а всех остальных к второй. Для оценки общей эффективности использования РЧС ( $E$ ) необходимо использовать следующее выражение:

$$E = C_1 E_T + C_2 E_Э + C_3 E_C,$$

где  $E_T$ ,  $E_Э$ ,  $E_C$  – эффективности техническая, экономическая и социальная соответственно,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  – корректирующие коэффициенты для эффективностей технической, экономической и социальной соответственно.

Корректирующие коэффициенты необходимо использовать для того, что учитывать значимость той или иной эффективности, а также её отсутствие. Так если значимость каждой из эффективностей равноценно, то  $C_1 = C_2 = C_3$ . В случае, когда та или иная эффективность отсутствует, необходимо выбирать корректирующий коэффициент, равный нулю. Общая сумма корректирующих коэффициентов  $C_1 + C_2 + C_3 = 1$ .

**Техническая эффективность РЧС.** Согласно Рекомендациям Международного Союза Электросвязи [5] для оценки технической эффективности должен использоваться подход «полоса – пространство – время». Оценка использования спектра  $\eta_T$  в этом случае должна определяться как отношение количества информации  $M$ , переданной по каналу, к величине использования спектра  $U = \Delta f S t$  (где  $\Delta f$  – ширина полосы частот,  $S$  – площадь зоны охвата,  $t$  – время работы). Однако этот подход позволяет получить увеличение величины  $\eta_T$  за счет уменьшения ширины полосы частот, площади зоны охвата и времени работы, что на самом деле ухудшает техническую эффективность. Поэтому использование этого подхода не является целесообразным.

Отметим, что при выдаче лицензии оператору, предоставляющему ту или иную услугу, оговаривается территория, на которой она будет предоставляться. Каждому оператору выдается разрешение на работу в некоторой полосе частот, то есть задается  $\Delta f$ . Выполним анализ возможности использования параметра  $\eta_T$  в качестве критерия оценки использования РЧС радиослужбами. В настоящее время в Республике Беларусь эксплуатируются системы аналогового и цифрового телевидения и радиовещания. Для оценки систем теле- и радиовещания в качестве критерия предлагается использовать такой параметр, как среднее число каналов вещания. Усреднее число каналов необходимо проводить за время  $t$  равного одним суткам (24 ч). Тогда величину  $\eta_T$  можно определить по следующей формуле:

$$\eta_T = \frac{\sum_{k=1}^m t_k n_k}{t}$$

Необходимо отметить, что в (2) величина  $n_k$  – число телевизионных или радиовещательных каналов вещающих время  $t_k \leq t$ . Если все каналы будут вещать в течение одних суток (24 ч) непрерывно, то  $\eta_T = n_k$ . В этом случае  $\eta_T$  достигает своего максимального значения. Предлагается не применять оценку эффективности использования для радиорелейного канала, так как эти каналы используются для передачи транспортных потоков.

Рассмотрим критерии оценки для систем передачи данных. Конечным результатом любого эффективного использования радиочастотного спектра будет являться большее количество абонентов, приходящихся на выделенную полосу радиочастот. В свою очередь, данное утверждение достигается двумя способами: количественно – путем увеличения площади покрытия сетью оператора; качественно – путем уменьшения радиуса соты, а следовательно, путем увеличения коэффициента повторного использования радиочастот. Введем понятие «коэффициент покрытия сетью оператора», определяемый как:

$$C = \frac{S_{\text{покрытия}}}{S_{\text{РБ}}},$$

где  $S_{\text{покрытия}}$  – площадь покрытия сетью оператора;  $S_{\text{РБ}}$  – площадь Республики Беларусь;

Данный критерий будет давать количественную оценку эффективности использования радиочастотного спектра. Наиболее сложными в плане оценки эффективности использования радиочастотного спектра на сегодняшний момент являются технологии подвижной радиосвязи, использующие кластерное построение сетей [3, 5]. Совокупность близлежащих сот, в которых невозможно использовать одни и те же частотные каналы из-за взаимных помех, называется кластером, а число сот, входящих в кластер, называется размерностью кластера. Размерность кластера является наиболее важной и необходимой величиной для частотно-территориального планирования сетей сотовой подвижной связи. Данное понятие напрямую связано с еще одним – коэффициентом повторного использования радиочастот. Под коэффициентом повторного использования радиочастот будем понимать следующее соотношение:

$$K = \frac{N_{\text{используемых}}}{N_{\text{выделенных}}},$$

где  $N_{\text{используемых}}$  – количество используемых радиочастотных каналов на всей площади покрытия сетью оператора конкретной технологии;  $N_{\text{выделенных}}$  – количество выделенных радиочастотных каналов на основании решения ГКРЧ.

#### Экономическая эффективность РЧС.

Можно выделить следующих субъектов, заинтересованных в повышении эффективности использования РЧС и связанных с использованием РЧС: Государство, Орган управления, Пользователи, Потребители услуг. Экономическая эффективность использования РЧС для государства выражается в следующем: чем больше прямая и косвенная отдача, тем эффективнее используется РЧС. Прямая отдача от РЧС предполагает разовые и ежегодные платежи от использования РЧС. Косвенная предполагает рост налоговых поступлений, рост ВВП и занятости.

Экономическая эффективность использования РЧС Орган управления: чем больше выдано разрешений (назначений) и меньше расходы на управление, тем эффективнее работает вся система управления РЧС. Эффективность для пользователей выражается в следующем: чем больше он сможет предоставить услуг по-

ребителям и чем выше будет их качество, чем меньше будут инвестиционные и текущие расходы, тем эффективнее он использует РЧС. Эффективность использования РЧС с точки зрения потребителей услуг – это прежде всего социальная эффективность, которая может выражаться в: соотношении цена/качество; надежность и бесперебойность услуг; – разнообразие услуг. Более детально показатели экономической эффективности рассмотрены в [6].

**Социальная эффективность РЧС.** Для определения социальной эффективности в качестве измерителя может рассматриваться интегральная оценка данного показателя, полученная с применением техник аналитической иерархической процедуры, Применительно к операторам, использующим радиочастотный спектр, социальная эффективность функционирования может быть оценена для ключевых социокультурных групп: для пользователей услуг; для работников оператора (как они оценивают деятельность учреждения, с каким энтузиазмом работают, насколько ответственно подходят к выполнению своих полномочий); для внешнего окружения, т. е. общества, государства и т. д. Единых показателей оценки социальной эффективности нет. она может быть оценена в соответствии с теоретически обоснованными измерениями, которые при каждом исследовании остаются постоянными: социальная необходимость, социальная полезность, социальная привлекательность. Методики оценки этих показателей приведены в [6].

Архитектура программного средства эффективности РЧС. В процессе проектирования программного средства используется объектная модель, описывающая реализацию вариантов и представляющая собой абстракцию реализации системы. При разработке ПО модели эффективности РЧС использован унифицированный язык моделирования UML (Unified Modeling Language) [7], являющийся общепризнанным средством формального описания процессов проектирования, программирования и развертывания Модель проектирования представлена диаграммами классов и диаграммами взаимодействия, отражающими концептуальные аспекты построения модели системы

и относящимися к логическому уровню представления [9].

Для реализации системы был выбран язык программирования Ruby по следующим причинам: это язык высокого уровня, позволяющий решать типовые задачи при минимальном количестве кода, структура языка способствует использованию наиболее передовых методик объектно-ориентированного программирования; интерпретатор языка Ruby перенесен на большинство современных ОС, включая семейства Unix и Windows; интерпретатор Ruby является свободным ПО, что позволяет использовать программы, написанные на Ruby, без дополнительных расходов на системное ПО. Структурно система эффективности РЧС включает компоненты: модули оценки технической, экономической и социальной эффективности, базу данных, интерфейсы эксперта и пользователя [8].

#### **Заключение**

1. Единого критерия эффективности использования РЧС не существует, и оценить количественно эффективность использования спектра достаточно сложно.

2. Техническую эффективность использования РЧС связывают с количеством информации, передаваемой в определенной полосе частот конкретным пользователям за определенное время. Экономический доход, получаемый от полосы частот, возрастает с ростом количества пользователей РЧС, уменьшением цены на оборудование и т. п. При этом растет также «техническая» эффективность использования РЧС. Повышение «технической» эффективности приводит к увеличению «экономической» эффективности.

3. Повышение «экономической» эффективности использования РЧС (например, за счет проведения конкурсов, аукционов) не обязательно приводит к повышению его «технической» эффективности. Отсюда следует, что при разработке методики оценки эффективности использования РЧС в Республике Беларусь необходимо учитывать возможности повышения как «экономической», так и «технической» эффективности использования РЧС. Методика прежде всего должна основываться на рекомендациях МСЭ и разработках российских ученых.

4. В результате разработки критериев оценки эффективности использования РЧС в ресау-блике было выявлено три основных аспекта эффективности:

- техническая эффективность, которая может измеряться количественно – путем увеличения площади покрытия сетью оператора) и качественно (путем уменьшения радиуса соты, а следовательно, путем увеличения коэффициента повторного использования радиочастот);
- экономическая эффективность, которая дает возможность определить финансовую отдачу от спектра, т. е. величину денежных средств, полученную государством с 1 единицы объема РЧС, выделенного на определенной

территории, с учетом времени работы пользо-вателя;

- социальная эффективность, которая выражается степенью достижения цели деятельности с учетом затрат ресурсов и времени, путем соотношения с общепринятой нормой (или идеалом), уровнем удовлетворенности клиента полученной услугой.

5. Для оценки общей эффективности использования РЧС необходимо использовать суммарную эффективность с учетом значимости той или иной эффективности, а также её отсутствия. Для информационного управления эффективностью использования РЧС представлена структура ПО.

### Литература

1. **Управление** радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебн. пособие / Под ред. д. т. н., проф. М. А. Быховского. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 342 С
2. **Кобелев, С. Г.** Развитие системы государственного регулирования использования радиочастотного спектра. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. экон. наук. – Санкт-Петербург, 2008. – 18 С.
3. **Нарукавников, А. В.** Разработка методического аппарата оценки возмещения использования радиочастотного спектра как ограниченного природного ресурса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. экон. наук. М., 2012. – 17 С.
4. **Британский** опыт управления радиоспектром. [Электронный ресурс] Код доступа: [http://www.mobilecomm.ru/magazine/mci\\_03\\_00/reglow/reglow.php](http://www.mobilecomm.ru/magazine/mci_03_00/reglow/reglow.php). дата доступа: 12.12.2013.
5. **Справочник** по управлению использованием спектра на национальном уровне. Бюро радиосвязи, МСЭ, Женева, 2005. – 245 С.
6. **Табаньков, А. В.** (науч. рук.) и др. Разработка методики оценки и расчета эффективности использования радиочастотного спектра Отчет по НИР (заключительный, договор № 02–12 от 20.03.2012). Минск: ВГКС, 2013. – 83 С.
7. **Скотт, К.** UML. Основные концепции / К. Скотт – М.: Издательский дом «Вильямс», 2012. – 144 С.
8. **Вишняков, В. А.,** Модели и средства интеграции приложений, маркетинга, аутсорсинга, обработки знаний в компьютерных сетях: / В. А Вишняков, Ю. В Бородаенко., Д. С. Бородаенко. – Мн.: МИУ, 2011. – 350 С.