

УДК 621.391

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА

**В. Э. Веерпалу**, директор НТЦ Анализа ЭМС, заместитель генерального директора ФГУП НИИР, д.т.н.; veerpalu@niir.ru

**Е. Е. Володина**, профессор МТУСИ, к.э.н.; evolodina@list.ru

**Е. Е. Девяткин**, начальник лаборатории НТЦ Анализа ЭМС ФГУП НИИР, к.э.н.; edevyatkin@niir.ru

**М. Е. Девяткина**, начальник сектора НТЦ Анализа ЭМС ФГУП НИИР; mary-ia@niir.ru

Представлена идеология новой архитектуры использования РЧС, внедряемой в США: выделение очень широких полос частот (частотных магистралей) и введение динамичного, происходящего в режиме реального времени, совместного использования РЧС правительственного и гражданского назначения. Технология, позволяющая нескольким пользователям совместно использовать одну и ту же часть спектра, независимо от других пользователей, стала возможной в последние десять лет (когнитивные системы). Отмечено, что больше всего совместному использованию спектра препят-

ствуют не технические, а регламентарные и экономические проблемы.

*Ключевые слова:* информационно-коммуникационные технологии, развитие экономики, инновация, широкополосный беспроводный доступ, государственная программа, цифровые технологии.

**Введение.** В июне 2004 г. в соответствии с предписанием президента США [1] Специальной комиссией федерального правительства по спектру под руководством Национальной администрации по телекоммуникациям и ин-

формации (National Telecommunications and Information Administration — NTIA) были разработаны и представлены рекомендации по совершенствованию системы управления использованием РЧС [2].

Последующий Меморандум (Memorandum for the Heads of Executive Departments and Agencies) от 30 ноября 2004 г. предписал департаментам и ведомствам реализовать рекомендации представленных отчетов и дал дополнительные указания [3]:

- в течение одного года со времени выпуска Меморандума руководители ведомств должны представить министру торговли специфические для каждого ведомства стратегические планы по использованию РЧС (ведомственные планы), отражающие потребности в спектре, включая полосы пропускания и номиналы частот для существующих и планируемых технологий, а также предложения по повышению спектральной эффективности;

- руководители ведомств должны обновлять свои планы раз в два года, а также официально оценивать и обновлять потребности в спектре. Такой процесс должен включать анализ и оценку вариантов предоставления услуг связи ведомствам на основе различных технологий на предмет эффективности использования спектра.

В настоящее время у федеральных (правительственных) пользователей РЧС мало стимулов для повышения эффективности его использования. Поэтому специалистами по науке и технике при президенте США (President's Council of Advisors on Science and Technology — PCAST) был разработан документ, направленный на реализацию всех возможностей использования РЧС правительственного назначения в целях ускорения экономического роста. В нем раскрываются сложные политические задачи и технологические возможности, появившиеся за последние годы с момента подписания Меморандума [4–5].

**Действующая система распределения РЧС в США.** Исторически управление использованием спектра в США заключалось в назначении исключительных прав на пользование конкретной частотой в конкретном месторасположении. Первоначально эти разрешения выдавались государственным и коммерческим пользователям бесплатно. С середины 1990-х годов долгосрочные коммерческие лицензии в основном распределялись путем торгов в форме аукционов. Победители аукционов получали доступ к РЧС в виде исключительных прав на спектр для оказываемых услуг (в соответствии с лицензией).

Очевидно, что сегодняшний дефицит спектра в США зависит от способа управления им. Новая система управления федеральным спектром, к которой призывает PCAST, — это модель регулирования использованием РЧС, определяющая соответствующий сдвиг в архитектуре будущих систем радиосвязи. «Для управления федеральным спектром мы смогли бы преобразовать доступ к драгоценному национальному ресурсу и осуществить это преобразование таким образом, что в результате оно поможет либо получить органам федерального управления новый доход от экономического роста и инноваций, либо снизить плату за использование РЧС. Но и в том, и в другом случае значимость федеральных органов правительства станет больше, если спектр будет доступен для повторного использования чаще, чем в настоящее время. Это позволит увеличить спектральную эффективность в тысячу раз» [4].

Согласно данным комитета по управлению использованием РЧС NTIA, федеральные ведомства обладают пра-

вом эксклюзивного использования 18,1% (629 МГц) частот в диапазоне 225–3700 МГц (технологически наиболее освоенный участок РЧС; в США применяется термин «частоты береговой линии»). При этом негосударственные пользователи обладают эксклюзивными лицензиями на использование 30,4% (1058 МГц) частот. Оставшиеся 51,5% частот находятся в совместном использовании правительственного (на первичной основе) и гражданского сектора (на вторичной основе). Порядка 80% совместных распределений, или 40% от общего количества, имеют статус «доминантного» правительственного использования (например, радиолокационными, воздушными телеметрическими системами). В условиях существующего режима координации они препятствуют коммерческому использованию данных полос частот. Иными словами, почти 60% «частот береговой линии» распределены преимущественно под правительственное использование. Эта статистика показывает важность нахождения более эффективных механизмов для коллективного использования (КИ) спектра федерального значения [6].

При этом измерения фактического использования спектра на примере наиболее загруженных территорий в крупных городах США показывают, что менее 20% емкости РЧС используется в полосах частот, выделенных на первичной основе [7]. Предварительные данные и общие расчеты свидетельствуют о том, что многие участки РЧС не используются значительные периоды времени и спектральное использование этих «белых пятен» (как временных, так и географических) может быть значительно увеличено.

Назначение частот на первичной основе не должно считаться причиной для препятствования его использованию другим пользователем на территориях или в то время, когда первичное использование отсутствует, или там, где недоиспользованной емкостью можно пользоваться совместно.

Американские аналитики пришли к выводу, что традиционная практика перераспределения принадлежащих государству частот от федеральных пользователей и продажа этого спектра на аукционах не эффективна. Они полагают, что высвобождение и перераспределение РЧС правительственного назначения не должно стать основой политики в области регулирования использования спектра из-за высокой стоимости и очень длительного времени реализации таких мероприятий. В марте 2012 г. NTIA заявила, что очистка только одной полосы 95 МГц путем перемещения существующих федеральных пользователей в другие участки спектра займет 10 лет и обойдется в 18 млрд долл. США.

**Коллективное использование «недозагруженного» спектра правительственного назначения.** Основная идея новой модели использования РЧС заключается в выделении очень широких полос частот и внедрении динамичного, происходящего в режиме реального времени совместного использования РЧС правительственного назначения (см. рисунок). Технология, позволяющая нескольким пользователям использовать одну и ту же часть спектра, независимо и без каких-либо знаний о других пользователях, стала возможной за последние десять лет (когнитивные системы). Самое большое препятствие для коллективного использования спектра не недостаток технологий, а регламентарные и экономические факторы.

США планируют перейти к модели управления использованием спектра, позволяющей получать непрерывный поток доходов вместо однократного дохода от его продажи на аукционе. Доход в бюджет государства поступал бы от операторов связи беспроводных услуг, стремящихся платить

## Инновационная модель «коллективного использования» РЧС

**Цель модели** – коллективное использование «недозагруженного» спектра правительственного назначения и создание первых широких высокоскоростных спектральных магистралей

### Предпосылки

- ▶ Большой объем РЧС правительственного назначения в технологически освоенных диапазонах частот 225-3700 МГц
- ▶ Низкая фактическая загруженность федерального РЧС (территориальная и временная)
- ▶ Высокая стоимость и длительность мероприятий по переводу правительственных РЭС в другие диапазоны частот
- ▶ Появление когнитивных радиосистем
- ▶ Развитие технологий приемных устройств (высокая избирательность, чувствительность, разнесенный прием и т.д.)

### Механизм, предоставляющий правительству возможность управления совместным использованием спектра федерального назначения

- ▶ Спектр правительственного назначения необходимо поделить на блоки частот значительного размера с общими функциональными характеристиками
- ▶ Управление доступом к совместному использованию должно выполняться по трехступенчатому иерархическому принципу: первичная основа (эксклюзивные права – правительственным РЭС), вторичная основа (краткосрочные приоритетные рабочие права в указанной географической области – правительственным и гражданским РЭС) и общий доступ (возможный доступ к незанятому спектру, если в базе данных для данной полосы частот, указанных географической области или периода времени нет зарегистрированных пользователей федерального первичного или вторичного доступа)
- ▶ Необходимо создать федеральную систему доступа к спектру для использования в качестве информационного и управленческого центра обмена информацией при регистрации РЭС (на основе геолокационной базы данных, работающей в реальном времени наряду с функциями когнитивного радио)

### Основные рекомендации PCAST для реализации перехода на инновационную модель «коллективного использования» РЧС в США

- ▶ Разработать модель оценки экономических последствий для государства от внедрения перспективных беспроводных радиотехнологий
- ▶ Внедрить дополнительные модели лицензирования, позволяющие использовать РЧС в краткосрочной и среднесрочной перспективе и отражать четкую ценовую политику
- ▶ Обеспечить стабильное финансирование мероприятий по внедрению модели коллективного использования «недозагруженного» спектра правительственного назначения
- ▶ Реализовать механизм, стимулирующий государственных пользователей перейти к модели коллективного использования РЧС правительственного назначения
- ▶ Создать экспериментальную зону – город (Test City) для экспериментальной проверки работоспособности модели «коллективного использования» РЧС в США

умеренные взносы при заключении разнообразных договоров об аренде для получения доступа к спектру, который обеспечивает разные уровни качества услуг и длительности аренды, соответствующие их бизнес-потребностям.

Предлагается изыскать порядка 1000 МГц федерального спектра, в которых нужно реализовать экспериментальные проекты по коллективному использованию спектра.

#### Исследуемые полосы частот для внедрения механизма коллективного использования

Полоса частот, МГц	Объем РЧС, МГц	Текущее использование
406,1–420	13,9	Правительственное
1300–1390	90	То же
1675–1710	35	Правительственное/ гражданское
1755–1780	25	Правительственное
1780–1850	70	То же
2200–2290	90	То же
2700–2900	200	То же
2900–3100	200	Правительственное/ гражданское
3100–3500	400	То же
3500–3650	150	Правительственное
4200–4400	200	Правительственное/ гражданское
<b>Итого:</b>	<b>1473,9</b>	

PCAST рекомендует, чтобы органы федеральной власти, используя партнеров по отрасли связи, определили новую систему доступа к спектру (spectrum access system — SAS), центром управления которой служит база данных (БД) по регистрационным свидетельствам и условиям использования РЧС по каждой полосе. SAS реализует на практике фундаментальный принцип: емкость спектра с низким коэффициентом пользования (по большей части РЧС не реализуется по времени и территории) должна совместно использоваться в полной мере. Другим рекомендованным изменением является то, что федеральный спектр, вместо того чтобы быть разделенным на мелкие выделенные блоки частот (таков он в настоящее время), должен быть разделен на блоки частот, охватывающих несколько сотен мегагерц.

Главной концепцией новой архитектуры спектра является то, что весь выделяемый РЧС следует использовать совместно, а не исключительно. Технологические инновации последних лет делают такую трансформацию в высокой степени достижимой. Особенно важны две тенденции. Первая — в направлении организации «малых сот», которые предоставляют беспроводные услуги для незначительных по территории географических областей и за счет которых снижаются помехи. Колоссальный рост услуг Wi-Fi служит первым примером этой революции. Вторая тенденция — совершенствование функциональных характеристик устройств, позволяющее непрерывно предоставлять услуги даже в присутствии сигналов/помех от других систем.

Специалисты PCAST рекомендуют начать экспериментальную программу, относящуюся к коллективному использованию спектра, состоящую из трех ключевых элементов:

- скорейшее начало коллективного использования РЧС новыми маломощными устройствами гражданского назначения в полосах частот правительственного назначения;
- создание Руководящего комитета для партнерства по коллективному использованию спектра (SSP), состоящего из руководителей отрасли. В его функции входят консультации по вопросам общих принципов политики с целью максимального увеличения коммерческого успеха;
- организация экспериментального города (Test City) и Мобильной экспериментальной службы, которые смогут поддерживать оперативное обучение в области технологии и практики управления спектром.

**Новый метод распределения частот: трехуровневая иерархия для доступа к федеральному спектру.** PCAST предлагает следующую модель доступа к федеральному спектру. Пользователи «федерального первичного доступа» регистрируют информацию о своем фактическом использовании РЧС в БД. Им будет гарантироваться защита от вредных помех в соответствии с условиями их присвоения (NTIA или Федеральная комиссия по связи /Federal Communications Commission — FCC). Федеральный первичный доступ должен быть эксклюзивным правом на фактическое применение, но не эксклюзивным правом препятствовать использованию РЧС другими пользователями федерального или гражданского сектора.

Пользователям «вторичного доступа» выдаются краткосрочные приоритетные рабочие права в указанной географической области, для них также обеспечивается защита от помех. Однако, когда пользователь с федеральным первичным доступом регистрирует конфликтное применение в БД, вторичный пользователь должен освободить полосу. Возможно несколько уровней пользователей вторичного доступа к спектру с разными присвоенными уровнями приоритетности. Таким образом, некоторые пользователи вторичного доступа могут быть предпочтительнее других либо из-за размера платежей (например, аукционных или платы за спектр), либо в целях интересов государственной безопасности.

Пользователям «общего санкционированного доступа» должен быть разрешен доступ к незанятому спектру, если в БД для данной полосы частот указанной географической области или периода времени нет зарегистрированных пользователей федерального первичного или вторичного доступа. Пользователи общего санкционированного доступа обязаны освободить спектр при регистрации конфликтного применения федерального первичного или вторичного доступа (или при обнаружении в полосах частот распознающих устройств), чтобы не препятствовать работе пользователей федерального первичного доступа. От устройств общего санкционированного доступа требуется реализовать функцию динамического выбора частоты работы в нескольких полосах. Для определенных полос также может потребоваться регистрация, если это необходимо созданной федеральной системе первичного доступа для содействия размещению и отключению устройств, создающих вредные помехи.

Геолокационная БД, работающая в реальном времени, наряду с функциями когнитивного радио (т.е. с распознаванием, динамическим доступом к спектру) обеспечивая доступ к полосе с надлежащими условиями использова-

ния, адаптированными для предотвращения вредных помех лицензированным устройствам. Интеграция технологий, включая автоматизированную геолокационную БД, распознавание, сигнальные маяки (их можно применять в определенных полосах для мгновенного подключения пользователей вторичного доступа и/или общего санкционированного доступа), и правила доступа от полосы к полосе, утверждаемые NTIA и FCC, должны составить систему комплексного доступа для осуществления и управления совместным доступом к большинству федеральных полос.

В соответствии с рекомендациями PCAST министру торговли, совместно с FCC, надлежит разработать механизм, предоставляющий правительству возможность управления КИ спектра федерального назначения. В отличие от существующего плана статического распределения узких полос спектра по службам, спектр федерального назначения необходимо поделить на блоки частот значительного размера с общими характеристиками. Кроме того, необходимо создать новую модель «динамического коллективного использования», благодаря которой совместное использование спектра федеральными и коммерческими пользователями станет нормой.

Специалисты доказывают, что при управлении спектром следует не разделять его на узкие полосы, а наоборот — выделять широкие полосы частот, которые могут обеспечить КИ широкого множества совместимых применений и новых технологий, более эффективных в широких блоках спектра.

Приводятся аналогии использования спектра с дорожными перевозками вначале «автомобильной революции», когда в США создавались первые скоростные автострады и устанавливались взаимосвязи и торговые потоки. Инновации «безлицензионного» использования спектра середины 1980-х годов, которые делают спектр доступным на бесплатной основе для любого пользователя, готового соблюдать технические условия эксплуатации, стали главным фактором для роста Wi-Fi-технологий и представляют беспроводную аналогию для ранних совместно использовавшихся дорог. Оставшаяся часть спектра все еще похожа на систему узких дорог. Предлагается создать условия распределения спектра по аналогии с широкими многорядными автомагистралями высшего класса, где пути и ряды постоянно совместно используются множеством машин, грузовиков и других транспортных средств.

**Создание стимулов для эффективного использования РЧС правительственными пользователями.** Федеральные учреждения США для обеспечения своей производственной и функциональной деятельности производят закупку товаров и услуг посредством рыночного механизма (аукционы, конкурсы). Учреждению выделяется бюджет, и оно может найти оптимальные цены в соответствии с требуемой услугой. Такой механизм можно применять к закупке оборудования (например, антенных вышек и приемопередатчиков), необходимого учреждению для использования спектра.

Однако при получении федеральными ведомствами доступа к самому спектру таких стимулов нет. При действующей системе «управления и контроля» федеральные пользователи не поощряются (не получают вознаграждения) за уменьшение их потребностей в спектре, за КИ спектра с другими организациями, или за КИ прав на спектр с гражданскими пользователями, даже когда это было бы социально необходимо. Кроме того, отсутствуют финансовые стимулы, которые подтолкнули бы федеральные орга-

низации к инвестированию средств в улучшение спектральной эффективности своих РЭС на перспективу.

Наконец, отсутствие платы за спектр на текущий момент для некоторых федеральных пользователей также не способствует его эффективному использованию. Введение в будущем системы платы за РЧС будет мало результативно для оптимизации использования РЧС правительственными организациями, так как финансирование оплаты за РЧС федеральными ведомствами производится из бюджета страны.

Предлагается ввести термин «валюта спектра» — это название синтетической валюты, которая может стать альтернативой плате за спектр и послужить стимулом к положительным изменениям. Валюта спектра являлась бы основой механизма расчета, распределения и стимулирования, управляя использованием спектра федеральными учреждениями и мотивируя их к адаптации систем для работы в спектральных супермагистралах с динамическим коллективным использованием.

Есть несколько связанных проблем, которые могли бы быть решены введением валюты спектра. Во-первых, ее величина позволит определить базис относительного «потребления» спектра каким-либо учреждением для оказания идентичных услуг связи. Во-вторых, благодаря тому что это синтетическая валюта, горизонт планирования обеспечивается более долгосрочный, чем цикл годового бюджета для NTIA и федеральных учреждений, и можно правильно спланировать перемещение распределений спектра между правительственными применениями. В-третьих, создание системы стимулирования будет содействовать тому, что государственные пользователи спектра будут модернизировать свои нынешние системы для КИ в ближайшем будущем и, наконец, заменят (или переместят) их для организации работы в новой архитектуре. В-четвертых, необходимо ввести новые показатели эффективности использования РЧС, позволяющие объективно сравнивать эти показатели в государственном и гражданском секторе.

После утверждения базиса «валюты спектра» его можно будет использовать в циклах планирования NTIA и федеральных учреждений, сосредоточиться на методах улучшения эффективного использования спектра, уменьшая будущие потребности в валюте спектра.

**Затраты на реализацию модели «коллективного использования» РЧС и ожидаемые доходы.** Перечисленные рекомендации PCAST требуют, в первую очередь, политических и организационных инициатив, средства на реализацию которых не будут значительными. Предполагаются затраты по следующим основным среднесрочным мероприятиям:

- сбор данных NTIA от федеральных агентств по использованию спектра правительственными РЭС — ежегодно 2–3 млн долл.;
- создание федеральной системы доступа к спектру (SAS) — разовый платеж 10 млн долл.;
- создание экспериментального города (Test City) и Мобильной экспериментальной службы — в первые три года 60 млн долл.

Ожидаемые совокупные доходы будут зависеть от нескольких факторов (развития модели «коллективного использования» РЧС, потребности пользователей в инновационных беспроводных услугах, степени бесконфликтности организации модели), поэтому их трудно просчитать. Однако PCAST прогнозирует совокупные доходы порядка 10 млрд долл. ежегодно, начиная с 2017 г. [5].

**Заключение.** Гибкий и недорогой доступ к спектру — обязательное условие непрерывного роста экономики любой страны для поддержания безопасной и надежной работы служб беспроводной связи в целях национальной и общественной безопасности, а также для многих других важных правительственных служб. Новая модель управления РЧС представляет собой амбициозную, но выполнимую программу, благодаря которой вместо дефицита спектра можно получить его изобилие путем внедрения коллективного использования частот взамен исключительного доступа к спектру.

Реализация модели «коллективного использования» РЧС потребует участия правительства страны в политике по регулированию использования спектра, в создании системы мотивации для стимулирования федеральных учреждений к совместному использованию частот и системы вознаграждения тех, кто реализует программу в обозначенные (или более ранние) сроки, в формировании механизма финансирования повышения эффективности работы правительственного оборудования.

В настоящее время в России де-факто допускается совместное использование РЧС (в полосах ПР — радиочастот преимущественного пользования РЭС, предназначенных для нужд государственного управления, в том числе президентской и правительственной связи, возможна работа гражданских РЭС при определенных условиях и ограничениях). Но это лишь частично отражает описанную модель «коллективного использования» РЧС.

Возможность России оперативно реагировать на динамично развивающийся мировой рынок ИКТ путем модернизации действующей нормативной правовой базы регулирования использования РЧС будет не только способствовать скорейшему переходу на новые высокоскоростные линии

связи, но и определять способность ее экономики адаптироваться и эффективно интегрироваться в глобальное информационное пространство и мировую экономику. Если государство хочет получить максимальную выгоду от использования РЧС, необходимо как можно раньше активизировать политику по внедрению инновационных моделей «коллективного использования» РЧС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Memorandum on the Spectrum Policy for the 21<sup>st</sup> Century, 39 Weekly Comp. Pres. Doc. 726, 727 (Spectrum Policy Memorandum).— 29 May 2003.
2. Spectrum Policy for the 21<sup>st</sup> Century — The President's Spectrum Policy Initiative: Report 1, US Department of Commerce (2004) (Report 1, 2).
3. Memorandum for the Heads of Executive Departments and Agencies, 40 Weekly Comp. Pres. Doc. 2875, 2876, sec. 3 (c) (Executive Memorandum).— 30 Nov. 2004.
4. www.whitehouse.gov/ostp/pcast
5. Report to the President «Realizing the Full Potential of Government-Held Spectrum to Spur Economic Growth».— July 2012. [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast\\_spectrum\\_report\\_final\\_july\\_20\\_2012.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_spectrum_report_final_july_20_2012.pdf)
6. **Nebbia K.** Director NTIA Office of Spectrum Management. Presentation to the Commerce Spectrum Management Advisory Committee (CSMAC).— 9 Dec. 2009.
7. **Bacchus R. B., Zdunek K. J., Roberson D. A.** Long-term Spectrum Occupancy Findings in Chicago / in 2011 IEEE Symposium: New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks.— 2011.
8. Presidential Memorandum. Unleashing the Wireless Broadband Revolution».— 2010. [www.whitehouse.gov/the-press-office/presidential-memorandum-unleashing-wireless-broadband-revolution](http://www.whitehouse.gov/the-press-office/presidential-memorandum-unleashing-wireless-broadband-revolution).

*Получено 18.03.14*