

Показатели, критерии и меры оценки эффективности использования радиочастотного спектра

С.В. Кизима, научный консультант ФГУП НИИР, эксперт МСЭ, д.т.н.; StanislavKizima@mail.ru
Е.Е. Девяткин, заместитель директора НТЦ анализа ЭМС ФГУП НИИР, к.э.н.; edevyatkin@niir.ru
Д.А. Пальцин, директор по связи ФГУП ГРЧЦ; d.paltsyn@grfc.ru

УДК 621.391.1

Аннотация. При проведении анализа состояния использования радиочастотного спектра (РЧС) и выработки рекомендаций по повышению эффективности его использования необходимо учитывать множество показателей, критериев и мер, определяющих размер позитивного эффекта от применения социально значимых радиотехнологий. В статье системно рассмотрены номенклатура, существо и особенности определения количественных значений технических и экономических показателей эффективности использования РЧС.

Ключевые слова: эффективность использования радиочастотного спектра, радиотехнологии, субъекты использования спектра, показатели, меры, интегральная оценка эффективности.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из характерных особенностей современного общества является высокий уровень потребления инфокоммуникационных услуг.

Современные инфокоммуникационные сети — это сложная взаимосвязанная технологическая сетевая инфраструктура, включающая взаимодополняющие проводные и беспроводные сети и каналы связи и передачи данных, облачные сервисы, узлы и центры обработки данных.

Потребность в мобильной связи и наличие больших территорий с невысокой плотностью населения определяют необходимость и перспективы использования радиочастотного спектра для удовлетворения потребностей общества в части доступа к инфокоммуникационной инфраструктуре.

К основным областям использования РЧС относятся голосовая связь, передача данных, теле- и радиовещание, доступ в сеть интернет, навигация, управление производственными и технологическими процессами, перспективные технологии «умный транспорт», «умные города», интернет вещей и др.

Устойчивый рост объемов передаваемого трафика и потребляемого контента приводит к необходимости модернизации и развития радиотехнологий и радиосетей. При этом, в отличие от инфраструктуры проводной связи, которая может наращиваться путем добавления кабельных каналов, инфраструктура радиосетей, обеспечивающих мобильную связь, беспроводный широкополосный доступ и другие сервисы, имеет ограничения, связанные с ограниченностью радиочастотного

ресурса. Обеспечение прироста объемов потребляемого контента и сетевого трафика в беспроводных сетях путем добавления новых полос частот и освоения новых высокочастотных диапазонов имеет предел. Резервы спектра сокращаются. В этих условиях для удовлетворения растущих потребностей инфокоммуникационного общества в области беспроводных радиотехнологий необходимо повышение эффективности использования радиочастотного спектра.

Для выработки рекомендаций по повышению эффективности использования РЧС необходимо использовать показатели эффективности и методы определения их значений для заданных условий использования РЧС. Показатели эффективности использования спектра должны определяться с учетом особенностей использования РЧС различными группами пользователей, а также с учетом особенностей и характеристик актуальных радиотехнологий и радиосетей.

Особый практический смысл имеют методы оценки эффективности использования РЧС, предусматривающие возможность количественной оценки эффективности на основе практически вычисляемых показателей, критериев и мер.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЧС

Определение эффективности использования РЧС непосредственно связано с определением целей его использования. Несмотря на различие интересов разных групп пользователей и субъектов использования РЧС, в глобальном плане целями использования радиочастот-

ного спектра следует считать обеспечение потребностей общества в беспроводных телекоммуникациях в интересах удовлетворения текущих потребностей пользователей РЧС, а также в интересах информационного и цифрового развития общества в целом и обеспечения развития технологической инфраструктуры.

При этом эффективность использования РЧС определяется размером позитивного социального эффекта, а также качественными и количественными показателями, характеризующими уровень удовлетворения потребностей общества сервисами и услугами на основе РЧС.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ – «ЗАПРОСНЫЕ» И «БЕЗЗАПРОСНЫЕ» РАДИОТЕХНОЛОГИИ

При определении эффективности и перспектив использования РЧС важно учитывать особенности, тенденции и перспективы развития радиотехнологий. Современные радиотехнологии в части организации каналов связи в их классическом понимании условно можно разделить на «запросные» и «беззапросные».

Основу запросных радиотехнологий составляют радиоканалы, обеспечивающие физическое соединение абонентов и каналный трафик. При этом базисная «самодостаточная» топология представляет собой схему «абонент – сеть/канал связи – абонент». Непосредственная цель запросных радиотехнологий – связь между абонентами. Для достижения этой цели осуществляется «инициирование» создания и функционирования канала связи. В данном случае генерация трафика осуществляется при наличии не менее двух активных абонентов, генерирующих и потребляющих трафик. Современные тенденции развития запросных радиотехнологий предусматривают унификацию и возможность использования однотипного абонентского оборудования для генерации и/или потребления разнородного трафика голосовой связи, передачи данных, аудио-видео контента и др. (примером тому является современный телефон мобильной сотовой связи).

Основу беззапросных радиотехнологий составляет информационное пространство (информационное поле). Беззапросные радиотехнологии обеспечивают формирование и физический доступ к информационному пространству (контенту). При этом базисная «самодостаточная» топология может представляться в виде схемы «абонент – информационное поле». Абонентами здесь могут являться и генераторы, и потребители трафика/контента. Цель беззапросных радиотехнологий – формирование информационного поля и обеспечение доступа к информационному полю. В данном случае осуществляется генерация контента, формирующего информационное поле, и обеспечение его потенциальной доступности для абонентов-потребителей в зоне действия генератора контента в радиочастотном пространстве «полоса частот – время – территория/область зоны действия». Существенной отличительной

особенностью здесь является то, что генерация формирующего информационное поле контента осуществляется вне зависимости от текущего состояния активности абонентов-потребителей контента/информационных ресурсов.

Для достижения цели удовлетворения потребностей пользователей осуществляется доступ к уже «имеющемуся»/«сформированному» информационному полю/пространству путем активизации абонентского устройства. При этом абонентское устройство функционально предназначено для фактически автоматического получения/считывания контента согласно сформированному и инициированному пользователем запросу на его получение.

Отличительной характерной особенностью беззапросных радиотехнологий следует считать в большей части разнотипность оборудования генераторов и потребителей трафика. Примерами здесь являются эфирное телерадиовещание (передатчики телерадиовещания, эфирный контент, теле- и радиоприемники), спутниковые навигационные системы (источники – навигационные космические аппараты и радионавигационное поле, потребители – навигационные приемники абонентов), информационные системы на основе активных радиометок и др.

В целом, к современным тенденциям и особенностям использования РЧС, предопределяющим требование повышения эффективности его использования, следует относить:

- рост потребностей информационного общества, развитие радиотехнологий, унификация и повышение уровня доступности оборудования и сервисов на основе использования РЧС;
- цифровизацию экономики и общества, ведущую к появлению десятков миллиардов терминалов со встроенным радиоборудованием, использующим РЧС;
- рост сетевого трафика и потребляемого контента, рост полезного объема и пространства электронного информационного поля в условиях ограниченности радиочастотного ресурса;
- унификацию радиотехнологий в части абонентских терминалов – создание и использование интегрированной аппаратной «платформы» конечного пользователя РЧС-потребителя всех видов трафика/контента (телефон сотовой мобильной связи);
- унификацию радиотехнологий на канальном уровне – создание и использование унифицированных радиоканалов, одновременно обеспечивающих передачу всех основных видов трафика/контента (голосовая связь, телерадиовещание, передача данных, интернет, геолокация (унифицированные стандарты/протоколы 3G, 4G, 5G и др.)).

Требования повышения оперативности и скорости

доступа растущего количества абонентов к увеличивающимся объемам информационных ресурсов и рост объемов потребляемого трафика/контента вступают в противоречие с ограниченностью радиочастотного ресурса. Указанное противоречие составляет научно-техническую проблему.

Направления разрешения этого противоречия связаны с оптимизацией использования РЧС, в том числе с учетом и на основе данных анализа эффективности его использования. Для проведения такого анализа необходимо определить показатели, критерии, меры, а также методические подходы для оценки эффективности. Получаемые при этом результаты следует учитывать при принятии решений в ходе планирования развития и использования современных и перспективных радиотехнологий и радиосетей.

СУБЪЕКТНОСТЬ, ПОКАЗАТЕЛИ И МЕРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРА

Сложность проблематики оценки эффективности использования РЧС определяется множеством факторов. Одним из них является субъектность отношения к категории «эффективность использования радиочастотного спектра».

К субъектам использования радиочастотного спектра относятся:

- *регулятор и уполномоченные организации* в области обеспечения надлежащего использования радиочастотного спектра;
- пользователи спектра, в том числе:
 - операторы-владельцы радиосетей, специализирующиеся на организации коммерческого использования радиосетей для получения прибыли посредством использования спектра;
 - организации-пользователи спектра, эксплуатирующие производственно-технологические сети в целях обеспечения функционирования производственных систем и бизнес-процессов;
 - потребители услуг коммерческих операторов связи, вещания, передачи данных и доступа в сеть интернет;
 - организации, обеспечивающие эксплуатацию специальных систем безопасности, сигнализации и оповещения при аварийных и других критических ситуациях;
 - организации, использующие РЧС для научных целей, например, эксплуатирующие спутниковые системы для исследования Земли, предсказания погодных явлений или наблюдения за изменением климата.

Эффективность использования РЧС как степень/уровень/мера удовлетворения потребностей общества в актуальных/требуемых беспроводных технологиях и сетевых сервисах/услугах характеризуется множеством

показателей.

Номенклатура этих показателей непосредственно определяется сущностью определения эффективности и включает следующие частные показатели и соответствующие им меры:

- **уровень потребностей информационного общества/пользователей спектра в области актуальных беспроводных телекоммуникаций**
 - *в номенклатуре/количестве необходимых радиотехнологий, сетевых сервисов и услуг на основе РЧС;*
 - *в объемах требуемого контента/трафика для актуальных сетевых сервисов и услуг на основе РЧС;*
 - *в параметрах требуемой скорости передачи данных, канальной емкости, оперативности доступа к актуальным сетевым сервисам и услугам на основе РЧС;*
 - *в потенциальных объемах радиочастотного ресурса, необходимых для реализации потребностей общества в социально значимых беспроводных технологиях, услугах и сетевых сервисах;*
- **уровень обеспеченности радиочастотным ресурсом востребованных и социально значимых беспроводных технологий и сетевых сервисов**
 - *в объемах выделенного радиочастотного ресурса для актуальных радиотехнологий/сервисов/услуг на основе РЧС согласно данным национальной таблицы распределения полос радиочастот и решениям Государственной комиссии по радиочастотам;*
 - *в единицах/размерах соотношения объемов радиочастотного ресурса, выделенного для актуальных радиотехнологий/сервисов/услуг на основе РЧС, к величине требуемых объемов радиочастотного ресурса, необходимых для реализации потребностей общества в социально значимых беспроводных технологиях и сетевых сервисах;*
- **уровень фактического освоения радиочастотного ресурса и состояния реализации востребованных и социально значимых беспроводных технологий и сетевых сервисов**
 - *в объемах радиочастотного ресурса для актуальных радиотехнологий/сервисов/услуг на основе РЧС согласно данным разрешений на использование РЧС и данным регистрации РЭС;*
 - *в процентах фактического освоения выделенного объема радиочастотного ресурса для актуальных радиотехнологий/сервисов/услуг (% реализации) согласно данным разрешений на использование РЧС и данным регистрации РЭС;*
 - *в единицах соотношений и размерах номи-*

нальной (согласно разрешительным документам на использование РЧС) и реальной (по данным результатов радиоконтроля) занимаемой ширины полосы частот (реальной занятости) РЧС сервисами и услугами на основе РЧС;

- в единицах фактической загрузки (по данным результатов радиоконтроля) занимаемых полос частот актуальными радиотехнологиями/сервисами/услугами на основе РЧС;
- **уровень доступности востребованных и социально значимых беспроводных технологий и сетевых сервисов для потребителей**
 - в процентах номенклатуры доступных актуальных радиотехнологий, сервисов и услуг на основе использования РЧС;
 - в площади зоны покрытия территориальных районов сетевыми сервисами и услугами на основе РЧС;
 - в количестве абонентов и субъектов пользователей сервисов и услуг на основе РЧС;
 - в оценках уровней платежеспособности пользователей сервисов и услуг на основе РЧС с учетом стоимости контента/трафика/сервисов/услуг на основе РЧС;
- **объемы/размеры финансовых экономических показателей использования спектра**
 - в объемах дохода государства от использования РЧС;
 - в финансовых единицах дохода/расхода/рентабельности для востребованных сетевых сервисов и услуг для различных групп пользователей (коммерческие операторы, владельцы производственно-технологических сетей);
 - в единицах стоимости контента/трафика/сервисов/услуг для абонентов-потребителей услуг операторов коммерческих радиосетей.

Перечисленные частные показатели эффективности использования РЧС определяются для востребованных и социально значимых беспроводных технологий услуг и сервисов, использующих радиочастотный спектр.

В этой связи для практического решения задач оценки эффективности использования РЧС необходимо устанавливать номенклатуру (реестр, перечень) социально значимых и востребованных радиотехнологий, сетевых сервисов и услуг, использующих радиочастотный спектр. Количественными характеристиками номенклатуры радиотехнологий являются:

- для номенклатуры в целом — количество актуальных и социально значимых радиотехнологий, сервисов и услуг на основе РЧС;
- для каждой радиотехнологии — количественные характеристики и их требуемые значения
 - в объемах потребностей контента/трафика (интегрально и/или в пересчете на одного

абонента);

- в скорости доступа абонентов к сетевым услугам и сервисам;
- в канальной емкости и скорости сетевых сервисов и услуг в интересах обеспечения потребностей необходимого количества абонентов и/или в пересчете на одного абонента.

К особенностям определения номенклатуры следует отнести динамику ее составляющих в части уровней актуальности и востребованности во времени — на текущее время и на перспективу. Динамика потребностей и изменение уровней социальной значимости различных радиотехнологий, сетевых сервисов и услуг, использующих РЧС, приводит к необходимости регулярного пересмотра уровней их актуальности.

Процесс актуализации номенклатуры востребованных радиотехнологий, сервисов и услуг способствует своевременному перераспределению радиочастотного ресурса с учетом устаревания действующих и возникновения потребностей в новых беспроводных технологиях, сервисах и услугах.

Показатели эффективности использования РЧС разделяются на экономические и технические (технологические) показатели.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Экономические показатели эффективности отражают уровень экономического эффекта от использования РЧС, т.е. «уровень рентабельности» деятельности, связанной с использованием РЧС.

Экономические показатели имеют высокий уровень субъектности ввиду существенного различия интересов субъектов использования РЧС и их отношения к экономическим показателям для категорий «затраты», «рентабельность» и др.

Экономические показатели ставят в соответствие количеству спектра значения финансовых величин параметров/показателей «доход/расход/рентабельность» от деятельности, связанной с использованием РЧС.

Для разных групп субъектов в области использования РЧС экономические показатели эффективности использования спектра определяются в следующем виде:

- **для государства/регулятора:**
 - **доход государства** от использования РЧС, в который входят **плата за спектр, налоги операторов коммерческих радиосетей, налоги владельцев** производственно-технологических радиосетей (доля налогов) от деятельности с учетом использования РЧС, **отчисления** на социальные нужды и др.;
- **для пользователей радиочастотного спектра:**
 - **доход и уровень рентабельности операторов/бизнеса** за счет использования РЧС:
 - * **доход/затраты/уровень рентабельности** операторов коммерческих радиосетей;
 - * **доход/затраты/уровень рентабельности**

организаций/предприятий/бизнеса с учетом и за счет использования производственно-технологических радиосетей;

■ **затраты абонентов-пользователей** сетевых услуг и сервисов коммерческих радиосетей:

- * **экономические показатели стоимости доступа и стоимости услуг** на основе РЧС (*стоимость абонентского обслуживания, цена подключения, объемы и стоимость потребляемого трафика/контента*).

«Состояние/уровень/мера» экономических показателей образуют координатное пространство важной проблемной задачи в области использования РЧС, заключающейся в обеспечении достижения оптимального баланса интересов субъектов использования спектра — «регулятор/оператор/абонент-пользователь услуг оператора».

Меры эффективности использования РЧС для различных субъектов использования РЧС определяются как функции

- стоимости объема трафика/контента/услуги на основе РЧС;
- стоимости объема РЧС.

Наиболее часто встречаемый/предлагаемый вариант меры оценки экономической эффективности использования спектра [1] — это «*экономическая эффективность использования оператором выделенного радиочастотного ресурса — отдача от единицы ресурса в руб./МГц·км²·год*».

Следует отметить очевидность конфликта интересов субъектов использования РЧС на основе данной меры.

Оператор коммерческой радиосети стремится максимизировать показатель на основе предлагаемой меры — **max(руб./МГц·км²·год)**.

Пользователь РЧС, который является абонентом услуг коммерческого оператора, заинтересован в минимизации стоимости услуг на основе РЧС — **min(руб./МГц·км²·год)**.

В такой ситуации один из действенных способов достижения баланса интересов субъектов использования РЧС заключается в обеспечении конкурентности услуг на основе РЧС.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Технические показатели эффективности представляют уровень технического (технологического) эффекта от использования РЧС.

Технические показатели ставят в соответствие количеству спектра значения потребительских свойств/параметров сервисов и услуг на основе РЧС. При этом количеству используемого РЧС может ставиться в соответствие

- количество передаваемой/получаемой информации, количество передаваемого/получаемого трафика/контента;

- канальная емкость, скорость передачи данных;
- площадь покрытия/зоны действия/зоны обслуживания сервисами и услугами на основе РЧС;
- количество субъектов/пользователей/абонентов сервисов и услуг на основе РЧС.

Характерный пример количественной меры оценки технической/технологической эффективности использования РЧС для актуального случая сетей 5G приведен в [2]:

«Группа исследователей, работающая в области технологий беспроводных 5G-сетей, установила ... **мировой рекорд по эффективности использования спектра радиочастот, ... продемонстрировав скорость передачи данных в 145,6 бита в секунду на Гц несущей частоты при обеспечении одновременной работы 22 независимых абонентов. 5G-каналы использовали стандартную модуляцию 256-QAM, ширина полосы канала составляла 20 МГц в диапазоне 3,51 ГГц. А обеспечивалось все это MIMO-системой со 128 антеннами. Полученные показатели эффективности практически в четыре раза превышают аналогичные показатели 4G-сетей нынешнего поколения**».

В этом определении мера эффективности использования спектра представляется в виде соотношения (скорость передачи данных в битах в секунду)/(ширина полосы частот радиоканала в Гц/кГц/МГц/ГГц).

Параметр, определяемый отношением скорости передачи данных/информации к единице ширины полосы, относится к наиболее распространенным показателям технической (технологической) эффективности систем связи.

Мера технической эффективности использования РЧС как функция скорости/объема трафика/контента позволяет дополнительно разделять показатели технической эффективности, так как объем трафика/контента может определяться как

- потенциальный технологически обеспеченный или максимально возможный для данной радиотехнологии;
- фактический (по факту использования радиотехнологии).

УСЛОВИЯ РАСЧЕТОВ/ОЦЕНОК И ПРИВЕДЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

При решении практических задач оценки эффективности использования РЧС рассчитываются так называемые «приведенные» показатели эффективности — показатели эффективности, определенные для заданных исходных условий, т.е. приведенные к

- радиотехнологии/радиоканалу (% обеспечения востребованных актуальных радиотехнологий);
- субъекту использования спектра (% удовлетворения интересов/потребностей субъектов пользователей спектра);
- объему радиочастотного ресурса/ширине полосы частот/количеству спектра;

- финансовому показателю (к затратам, себестоимости, доходу, прибыли от использования радиочастотного спектра).

Определение технических и экономических показателей эффективности использования РЧС осуществляется применительно к заданному объему радиочастотного ресурса. Объем радиочастотного ресурса является его мерой, определяемой в координатах радиочастотно-пространства, таких как

- ширина полосы частот (в Гц, кГц, МГц, ГГц);
- площадь/объем пространства зоны действия (в км², в % покрытия территориальных районов, в количестве абонентов/субъектов пользователей РЧС);
- время/продолжительность использования спектра (% использования во времени).

Также значения отдельных показателей эффективности использования РЧС могут быть оцененными/рассчитанными для заданной точки пространства и/или для заданного территориального района.

ПРЯМЫЕ И КОСВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЧС

При оценке эффективности использования РЧС дополнительно следует выделять прямые и косвенные показатели.

К прямым относятся показатели, непосредственно входящие в формулу оценки эффективности использования РЧС. К косвенным следует относить показатели, которые оказывают влияние на текущие значения параметров/величин, включаемых в конечную формулу оценки эффективности использования РЧС. Например, к косвенным показателям относятся параметры негативных факторов, характеристики и меры ущерба/потерь, включающие следующие данные/сведения:

- наличие/отсутствие помех и нарушений установленного порядка и правил использования РЧС;
- наличие потерь связи и прекращения доступа к услугам и сервисам на основе РЧС (помехи, неисправности радиооборудования, ошибки/неоптимальность частотно-территориального планирования);
- объем потерь в радиочастотном пространстве в координатах оси частот (в полосах частот), в площади зоны действия, в количестве населения и количестве субъектов пользователей спектром в зоне потерь связи и прекращения доступа к услугам и сервисам на основе РЧС ввиду помех и отказов радиотехнологий и радиосетей;
- объем экономического ущерба операторов и участников бизнес сообщества от потерь связи и прекращения доступа к услугам и сервисам на основе радиочастотного спектра.

Очевидно, что наличие значений перечисленных косвенных показателей негативно влияет на эффективность использования РЧС. Увеличение их значений

будет приводить к снижению эффективности использования РЧС.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЧС

Интегральная оценка эффективности использования РЧС с учетом множества частных показателей является сложной проблемной задачей. Ее сложность подтверждается утверждениями об отсутствии единого критерия эффективности использования РЧС и невозможности производства оценок эффективности только на основе частных показателей [3, 4].

Вместе с тем в ряде источников предлагаются критерии и меры интегральной оценки эффективности использования РЧС на основе частных показателей.

Например, в работе [4] для оценки общей эффективности использования РЧС (E) предлагается использовать выражение

$$E=C1 \cdot E_{\tau}+C2 \cdot E_{\varepsilon}+C3 \cdot E_{\varepsilon_s},$$

где E_{τ} , E_{ε} , E_{ε_s} — соответственно техническая, экономическая и социальная эффективности; $C1$, $C2$, $C3$ — корректирующие коэффициенты для соответственно технической, экономической и социальной эффективностей.

Вопросу комплексной оценки эффективности использования РЧС посвящена Рекомендация МСЭ-R SM.1046-3 (09/2017) «Определение использования радиочастотного спектра и эффективности радиосистем» [5]. В основу этой Рекомендации положена мера использования спектра, названная в коэффициентом использования спектра (U). Величину U предложено рассчитывать как произведение ширины полосы частот, геометрического (географического) пространства и времени:

$$U=BST,$$

где B — ширина полосы частот; S — геометрическое пространство (обычно площадь); T — время.

В соответствии с Рекомендацией эффективность использования спектра (SUE) для системы радиосвязи может быть выражена комплексным критерием

$$SUE = \{M, U\} = \{M, BST\},$$

где M — полезный эффект, получаемый с помощью рассматриваемой системы связи; U — коэффициент использования спектра для этой системы.

При этом комплексный индикатор эффективности спектра может быть преобразован к простому индикатору в виде отношения полезного эффекта к коэффициенту использования спектра [5]

$$SUE = \frac{M}{U} = \frac{M}{BST}.$$

В Рекомендации отмечается сложность определения полезного эффекта M рассматриваемой системы связи.

В случае трудностей определения полезного эффекта его предлагается заменить коэффициентом использования спектра, полученным на основе фактических измерений (U'):

$$U' = B'S'T',$$

где B' – результат измерения фактически занимаемой ширины полосы (или региональная статистика); S' – результат измерения фактической зоны покрытия (или региональная статистика); T' – результат измерения фактического времени работы (или региональная статистика).

Отмечается, что Администрации в области радиосвязи могут получить три вышеуказанных параметра с помощью измерений и статистики, собранной с применением средств радиоконтроля. В случае региональной статистики предлагается использовать среднее арифметическое результатов для каждого региона. Затем SUE можно выразить как

$$SUE = \frac{U'}{U} = \frac{B'S'T'}{BST}.$$

Анализ практической применимости Рекомендации МСЭ-R.SM.1046-3 показывает, что предлагаемый методический подход не является законченной методикой. Остаются нерешенными вопросы в части, касающейся определения/расчетов полезного эффекта, получаемого с помощью системы связи.

В этой связи дополнительно следует рассматривать другие варианты существа и логики получения величин U и U' для их последующего сопоставления в рамках окончательных формул расчета значения величины эффективности использования РЧС.

В качестве величин (U , U') для исследуемых радиотехнологий могут рассматриваться параметры объема радиочастотного ресурса, величины объемов контента/трафика (как для радиотехнологии, так и в пересчете на период времени, интегрально и/или на одного абонента/субъекта и т.п.), величины скорости передачи данных и канальной емкости, параметры оперативности доступа пользователей к сервисам и услугам на основе РЧС, величины загрузки использованной полосы частот во времени, величины экономических показателей и др.

Для оценки эффективности использования РЧС с помощью той или иной радиотехнологии также целесообразно рассмотреть соотношение значений величин показателей/параметров, определяющих уровень социальной потребности в данной радиотехнологии и фактических значений показателей/параметров, полученных для случая текущей реализации радиотехнологий.

В данном контексте можно также использовать соотношения полученных реальных значений показателей эффективности/характеристик для реализованных радиотехнологий к соответствующим идеальным/опти-

мальным значениям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом следует отметить, что показатели, меры и критерии эффективности использования РЧС для различных радиотехнологий определяются конечными целями использования РЧС, которые в свою очередь существенно различаются для разных субъектов использования РЧС.

Результаты определения значений показателей эффективности использования РЧС для заданных радиотехнологий, сервисов и услуг должны способствовать формированию выводов и оценок «рациональности» выделения и фактического использования РЧС. При этом должна оцениваться оптимальность объема выделенного и фактически освоенного ресурса (наличие достаточности РЧС и отсутствие его избыточности).

Субъектность категории «эффективность использования РЧС» с учетом области интересов пользователей и конечных целей использования РЧС определяет существо интегральных критериев эффективности использования РЧС в виде парных логических определений «субъект использования спектра – критерий эффективности использования спектра».

Основным интересантом показателей, мер и критериев, максимально учитывающих социальные аспекты использования РЧС, является информационное общество и регулятор, цель которого состоит в удовлетворении потребностей общества в области актуальных беспроводных телекоммуникаций (условно говоря, *максимум удовлетворения потребностей общества при минимуме объема радиочастотного ресурса*).

Основным интересантом показателей, мер и критериев, максимально учитывающих экономические показатели для категории прибыль/рентабельность деятельности на основе использования РЧС, являются операторы коммерческих радиосетей, цель которых состоит в получении прибыли от деятельности на основе использования РЧС (т.е. *максимум дохода/прибыли в денежных единицах*).

Основным интересантом показателей, мер и критериев, максимально учитывающих экономические показатели на основе затрат, являются абоненты-пользователи услуг коммерческих радиосетей, которым необходимы услуги связи, передачи данных и получения контента (т.е. *максимум трафика/контента при минимуме затрат*).

Основным интересантом показателей, мер и критериев, максимально учитывающих технические показатели готовности и надежности технологических процессов связи и передачи данных, являются организации, эксплуатирующие производственно-технологические сети, системы безопасности и аварийной сигнализации, которым необходима максимальная готовность и надежность каналов технологической связи и передачи данных (*максимум показателей готовности, оперативности и надежности каналов связи при минимуме эксплуа-*

тационных затрат).

К проблемным вопросам в области оценки эффективности использования РЧС следует отнести отсутствие общепринятых, опробованных и практически применяемых методик комплексной интегральной оценки эффективности использования РЧС с учетом [6]

- состояния и перспектив потребностей общества в области актуальных радиотехнологий и беспроводных телекоммуникаций;
- видов радиотехнологий, особенностей их использования, состояния актуальности и динамики развития;

- субъектности отношений к категории «эффективность использования радиочастотного спектра»;
- достаточной номенклатуры технических и экономических показателей эффективности.

Для оценки эффективности использования РЧС следует использовать множество прямых и косвенных частных показателей технической и экономической эффективности использования РЧС. На их основе могут определяться критерии и аддитивные и/или мультипликативные комплексные показатели эффективности использования РЧС, учитывающие весовые коэффициенты частных показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котов, В.И. Платежи за использование радиочастотного ресурса – экономическое обоснование и эффективность (на государственном уровне) [электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2012/Spectrum_CIS_Kiev_Sept12/Presentations/Session5/V_Kotov_1.pdf.

2. Исследователи добились рекордной эффективности использования радиочастотного спектра 5G-сетями следующего поколения [электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.ruscable.ru/news/2016/05/24/issledovateli_dobilisy_rekordnoj_effektivnosti_isp/.

3. Крупнов, А.Е. Радиочастотный спектр: повышение эффективности использова-

ния и новые подходы к регулированию [электронный ресурс] / А.Е. Крупнов // Федеральный справочник «Связь и массовые коммуникации в Российской Федерации». – <http://federalbook.ru/files/SVAYZ/saderzhanie/Tom%208/V/Krupnov.pdf>.

4. Вишняков, В.А. Информационное управление эффективностью при использовании радиочастотного спектра в РБ / В.А. Вишняков, А.В. Табаньков // Системный анализ и прикладная информатика. – 2014. – № 1–3. – С. 29–33. – <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnoe-upravlenie-effektivnostyu-pri-ispolzovanii-radiochastotnogo-spektra-v-rb>.

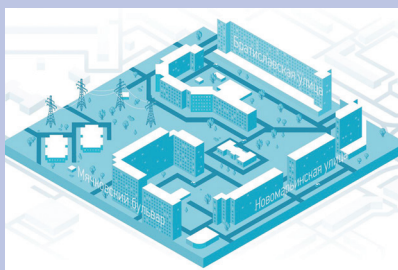
5. Рекомендация МСЭ-R SM.1046-3 (09/2017). Определение использования

радиочастотного спектра и эффективности радиосистемы. – https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1046-3-201709-!!!PDF-R.pdf.

6. Кизима, С.В. Основные показатели и технологии оценки эффективности использования радиочастотного спектра / С.В. Кизима // Третья ежегодная конференция по управлению спектром для стран СНГ и Центральной и Юго-Восточной Европы, 8–9 апреля 2019 г., Минск, Республика Беларусь. – https://www.itu.int/ru/ITU-D/Regional-Presence/CIS/Pages/EVENTS/2019/04_Minsk/04_Minsk.aspx.

Получено 31.07.19

«СМАРТ-КВАРТАЛ» В МАРЬИНО



ФГУП РСВО приняло участие в пилотном проекте «Смарт-Квартал», который реализуется Правительством Москвы на территории, объединяющей семь многоквартирных домов в районе Марьино. В ходе проекта в этих домах были

выполнены работы по проектированию, монтажу и вводу в эксплуатацию систем внутридомового информирования о ЧС. Установлены 1184 динамика оповещения на всех этажах домов, а также 38 динамиков для оповещения на придомовой территории. Системы внутридомового информирования (СВИ) представляют собой энергонезависимые комплексы технических средств, обеспечивающих информирование и оповещение о ЧС на каждом этаже объекта жилого фонда и придомовой территории, а также в каждом домовладении (квартире) посредством домофона. О цели проекта рассказывает начальник участка ТУС-3 Алексей Тюрников: «Для нас, работников технического

блока, участие в программе Правительства Москвы – дело чести. В процессе работы над проектом были образованы бригады из сотрудников строительно-монтажного цеха и территориальных узлов связи. На первых этапах выполнения работ возникали трудности с доступом к слаботочным стоякам, располагающимся непосредственно за закрытыми дверями лестничных холлов. Несмотря на это работы по монтажу, пуску и наладке оборудования были выполнены с высоким качеством и в установленные сроки». Введенные в эксплуатацию системы внутридомового информирования полностью работоспособны и готовы к применению по назначению.