

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Отчет МСЭ-R SM.2015-2
(07/2022)

Методы определения долгосрочных национальных стратегий использования спектра

Серия SM
Управление использованием спектра



Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <https://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Отчетов МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <https://www.itu.int/publ/R-REP/ru>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра

Примечание. – Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке Исследовательской комиссией в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2025 г.

© ITU 2025

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

ОТЧЕТ МСЭ-R SM.2015-2

**Методы определения долгосрочных национальных стратегий
использования спектра**

(1998-2019-2022)

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Глава 1 – Процесс долгосрочного планирования	2
1 Введение.....	2
2 Процесс долгосрочного планирования на национальном уровне	3
2.1 Определение потребностей в спектре.....	4
2.2 Доступность спектра	4
2.3 Варианты планирования спектра	4
2.4 Реализация планирования спектра.....	4
2.5 Итерационный процесс	4
3 Орган управления или администрирования.....	5
Приложение 1 к главе 1 – Факторы, влияющие на планирование	5
Приложение 2 к главе 1 – Методика разработки долгосрочного плана управления использованием спектра	7
Глава 2 – Оценка сценариев	14
1 Введение.....	14
2 Консультативный подход	14
2.1 Исследование будущих потребностей в спектре/службах	14
2.2 Взаимодействие с группами представителей и между ними	15
2.3 Анализ тенденций использования.....	16
2.4 Пример.....	16
3 Аналитический подход.....	17
3.1 Введение	17
3.2 Шаги по разработке аналитического подхода.....	17
3.3 Использование аналитического метода в процессе долгосрочного планирования потребностей в спектре	18

Глава 3 – Соответствующие процедуры перехода от текущего использования спектра к долгосрочным целям.....	19
1 Определение долгосрочных целей управления использованием спектра	19
2 Оценка текущего процесса управления использованием спектра	19
3 Процедуры перехода.....	19
3.1 Стимулирование эффективного использования спектра	20
3.2 Повышение гибкости использования спектра	22
3.3 Получение максимальной социальной и экономической выгоды при надлежащем управлении использованием спектра	22
3.4 Обеспечение использования спектра во всех регионах страны, где он необходим	23
3.5 Подготовка квалифицированных кадров и разработка надлежащих инструментов для инженерно-технической поддержки использования спектра ..	23
Приложение 1 к главе 3 – Пример процедур оценки эффективности использования спектра в Республике Корея	23
1 Базовая информация	23
2 Процесс оценки	24
Список сокращений	28

Глава 1

Процесс долгосрочного планирования

1 Введение

В Рекомендации МСЭ-R SM.1047 "Управление использованием спектра на национальном уровне", принятой в 2012 году, рекомендуется при разработке программ управления использованием спектра на национальном уровне рассматривать, наряду с прочими тематическими вопросами, вопрос планирования спектра. Кроме того, руководством для администраций служат соответствующие разделы Рекомендаций и Отчетов МСЭ-R, а также Справочников МСЭ. В Справочнике по управлению использованием спектра на национальном уровне 2015 года в главе 2 "Планирование спектра" приведены определения терминов, относящихся к планированию спектра.

Согласно Справочнику, планирование спектра можно классифицировать по времени (краткосрочное, долгосрочное и стратегическое) и по рассматриваемым областям (использование спектра и системы управления использованием спектра). При этом под долгосрочным планированием понимается планирование, которое учитывает проблемы, требующие решения, или системы, которые должны быть развернуты в течение пяти–десяти лет, тогда как краткосрочное планирование подразумевает решение проблем и развертывание систем в течение трех–пяти лет. Что касается стратегического планирования, оно заключается в определении ограниченного числа ключевых проблем, требующих особого внимания в части управления использованием спектра в отношении решений, для реализации которых потребуется более десяти лет.

Таким образом долгосрочная стратегия заключается в определении целей и задач для решения ключевых вопросов, которые относятся к управлению использованием спектра и для реализации которых потребуется более десяти лет.

В настоящее время в большинстве случаев осуществляется относительно краткосрочное планирование спектра. Однако если ресурсы спектра должны использоваться для поддержки решения национальных целей и задач, приоритет отдается долгосрочному планированию, которое обеспечивает основу для эффективного управления использованием спектра и позволяет эффективно распределять и присваивать ресурсы спектра, а также использовать новые системы и применения для удовлетворения постоянно растущих потребностей в спектре. Кроме того, долгосрочное планирование упрощает принятие решений, обеспечивая основу для практического рассмотрения и оценки альтернативных направлений действий.

Долгосрочное планирование должно быть нацелено на:

- принятие сегодняшних решений по стратегиям планирования спектра с учетом последствий их реализации в будущем;
- определение влияния принятых ранее решений на будущее;
- периодическую адаптацию решений к изменяющимся обстоятельствам.

Планирование должно быть достаточно комплексным, с тем чтобы в установленные сроки обеспечить возможность удовлетворить национальные потребности в спектре как для действующих, так и для предполагаемых систем радиосвязи.

Результатом долгосрочного планирования также является:

- пересмотр национальной таблицы распределения частот;
- определение национальных позиций по повесткам дня международных конференций радиосвязи;
- пересмотр регламента, политики и стандартов использования спектра.

2 Процесс долгосрочного планирования на национальном уровне

Для разработки долгосрочных национальных стратегий использования спектра потребуется реализация процесса долгосрочного планирования спектра на национальном уровне.

Одним из этапов такого процесса может являться разработка и реализация плана предполагаемого использования спектра. Подобного рода план должен пересматриваться и корректироваться раз каждые три-пять лет по мере поступления новой информации. Его основой должны стать исследования потребностей в спектре гражданских пользователей и государственных организаций, а также направлений развития новых технологий. Пример подобного плана приведен в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Пример плана предполагаемого использования спектра

Полоса частот (кГц, МГц, ГГц)	Существующие и планируемые службы и применения	Особенности	Планируемые изменения	Примечания
915–921 МГц	ВРНС Служба космической эксплуатации для целей телеметрии, слежения и управления Подвижная, за исключением воздушной подвижной, служба на вторичной основе RFID	ВРНС работает на первичной основе	Вывод из эксплуатации службы ВРНС по окончании срока амортизации и развертывание аналогичной службы в других полосах	

Ниже рассматриваются этапы разработки плана, а также факторы, которые необходимо учитывать. В Приложении 2 к настоящей главе приведена методика, которая может использоваться для разработки долгосрочного плана использования спектра.

2.1 Определение потребностей в спектре

Определение потребностей в спектре включает оценку будущих всеобъемлющих потребностей в спектре на национальном уровне для всех служб радиосвязи, а также технических, политических и экономических факторов (см. Приложение 1 к настоящей главе), которые могут повлиять на использование спектра.

Потребности в спектре могут быть определены исходя из оценки потенциальных сценариев (см. главу 2). Традиционно оценка сценариев использования спектра проводилась на основе информации, полученной в ходе консультаций, от заинтересованных сторон, в том числе от национальных организаций по планированию спектра при правительственных департаментах или ведомствах, по запросам отдельных пользователей и широкой общественности.

Недавно были предприняты шаги по проведению оценки сценария на основе методов аналитического моделирования (см. главу 2, также включающую разделы, посвященные оценке доступности спектра и вариантов планирования спектра).

2.2 Доступность спектра

Целью данного этапа является оценка доступности спектра для всех национальных служб радиосвязи и удовлетворение потребностей в спектре, определенных на соответствующем этапе. Источником информации, как правило, является сама администрация, но также им могут быть Международный список частот МСЭ, Планы выделения частот МСЭ и любые существующие региональные исследования по планированию спектра.

2.3 Варианты планирования спектра

Целью данного этапа является разработка подходящих вариантов планирования спектра, которые позволяют удовлетворить потребности в спектре на основе данных, полученных на двух предыдущих этапах. При проведении анализа в целях разработки вариантов использования спектра должны учитываться технические, политические и экономические факторы. Кроме того, в процессе анализа проводится оценка различных перспектив для служб с учетом существующей и прогнозируемой среды радиосвязи и распределений частот. На основе результатов этого анализа и любых данных контроля за использованием спектра будут вынесены рекомендации, касающиеся тех эксплуатационных требований, которые не могут быть удовлетворены в рамках действующих распределений на национальном уровне. Проводится разработка вариантов распределения и оценка относительных затрат на перераспределение частот существующим пользователям спектра и/или их перемещение.

2.4 Реализация планирования спектра

Данный этап предусматривает реализацию различных стратегий планирования спектра (см. главу 3) и в будущем будет скорее всего представлять собой непрерывный процесс. Ввод в эксплуатацию новых служб может потребовать внесения изменений в национальные таблицы распределения спектра и пересмотра национальных нормативных положений и регламента МСЭ. Пересмотр международных нормативных положений будет проводиться на Всемирных конференциях радиосвязи (ВКР) МСЭ.

2.5 Итерационный процесс

Ранее принятые решения могут периодически пересматриваться или вводиться в действие теми или иными мероприятиями, а в случае необходимости подвергаться изменениям на основе обновленной информации. Поэтому планирование представляет собой не линейный, а непрерывный процесс исследования и обработки данных.

Для фиксации истории разработки долгосрочного плана может вестись учет всех изменений.

3 Орган управления или администрирования

Для обеспечения решения вопросов, касающихся долгосрочных стратегий использования спектра, необходимо создать орган управления или администрирования, который будет осуществлять руководство и надзор за реализацией программы планирования спектра. Это предусматривает включение в рамки процедур планирования этого органа системы раннего распознавания. Для поддержки работы руководящего органа могут создаваться специальные органы планирования, такие как проектные и целевые группы.

Долгосрочное планирование, как правило, является первоочередной задачей для уровня управления и не может быть делегировано в связи с исключительной важностью принимаемых решений и значимостью их последствий. На такие органы планирования возлагаются следующие задачи:

- разработка подробных стратегических программ и решение проблем, связанных с преобразованием стратегических программ в оперативные планы;
- распределение финансовых и людских ресурсов;
- стратегический обзор процедур, результатов и требований в совокупности с реализацией стратегий;
- любые необходимые рекомендации, касающиеся корректировок систем организации и управления;
- обновление данных планирования, используемых в качестве основы для управления использованием частот.

Приложение 1 к главе 1

Факторы, влияющие на планирование

Ниже приведен перечень влияющих факторов, которые следует учитывать в процессе долгосрочного планирования.

- 1 Политические и юридические факторы
 - 1.1 Регуляторные факторы
 - 1.1.1 Международное распределение частот (МСЭ-R)
 - 1.1.2 Региональные органы управления использованием спектра
 - 1.1.3 Национальные процедуры распределения частот
 - 1.1.4 Процедуры управления использованием спектра соседних администраций
 - 1.1.5 Политика в области стандартизации
 - 1.1.6 Факторы, связанные с инфраструктурой электросвязи
 - 1.2 Промышленные факторы
- 2 Экономические факторы
 - 2.1 Мобильность пользователей
 - 2.2 Глобализация
 - 2.3 Общее экономическое развитие

- 2.4 Рыночные факторы
 - 2.4.1 Структура цен и тарифов на оборудование и услуги
 - 2.4.2 Потребности рынка и факторы маркетинга
 - 2.4.3 Процедуры и методы, используемые поставщиками услуг
 - 2.4.4 Аукционы по продаже спектра
- 2.5 Влияние новых услуг и технологий
- 3 Социальные факторы
 - 3.1 Изменения спроса как результат изменений в социальной структуре
 - 3.2 Изменения спроса как результат изменений продолжительности рабочего дня и суммарного рабочего времени
 - 3.3 Защита информации и общественная безопасность
 - 3.4 Общественное признание применений радиосвязи
- 4 Экологические факторы
 - 4.1 Электромагнитное излучение и радиочастотные помехи
 - 4.2 Неприятие общественностью крупногабаритных антенных конструкций и увеличения количества станций
 - 4.3 Космический мусор
- 5 Технические факторы
 - 5.1 Базовые технологии
 - 5.1.1 Микроэлектроника
 - 5.1.2 Обработка сигналов
 - 5.1.3 Компоненты оборудования
 - 5.1.3.1 Источники питания
 - 5.1.3.2 Батареи
 - 5.1.4 Среда связи
 - 5.2 Методы кодирования и модуляции
 - 5.2.1 Кодирование источника
 - 5.2.2 Кодирование канала
 - 5.2.3 Методы модуляции
 - 5.3 Методы канального доступа
 - 5.3.1 Многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA)
 - 5.3.2 Многостанционный доступ с частотным разделением каналов (FDMA)
 - 5.3.3 Многостанционный доступ с кодовым разделением (CDMA)
 - 5.3.4 Многостанционный доступ с ортогональным частотным разделением (OFDMA)
 - 5.4 Режимы передачи
 - 5.4.1 Методы разнесения
 - 5.4.1.1 Временное разнесение
 - 5.4.1.2 Частотное разнесение
 - 5.4.1.3 Разнесение антенн

- 5.4.1.4 Пространственное разнесение
- 5.4.1.5 Разнесение по направлению
- 5.4.2 Методы пространственного уплотнения
 - 5.4.2.1 Прямое уплотнение
 - 5.4.2.2 Методы формирования передающих лучей
- 5.4.3 Методы расширения спектра
- 5.5 Антенны
 - 5.5.1 Оптимизация антенн
 - 5.5.1.1 Использование новых технологий и способов производства для уменьшения излучения по боковым лепесткам и уменьшения корреляции между антеннами
 - 5.5.1.2 Новые методы разработки антенн
 - 5.5.1.3 Массивы антенн с многоканальным входом и многоканальным выходом (MIMO)
- 5.6 Обработка данных в системах электросвязи

Приложение 2 к главе 1

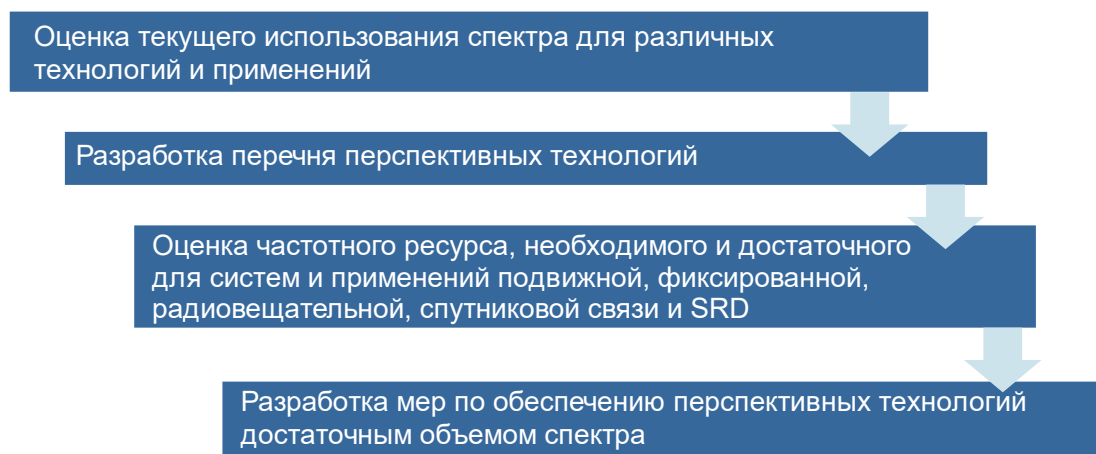
Методика разработки долгосрочного плана управления использованием спектра

Основной целью разработки долгосрочного плана управления использованием спектра является повышение эффективности использования частот. В зависимости от поставленных задач администрация может выбирать технические, экономические и программно-нормативные критерии эффективности.

Процесс разработки долгосрочного плана управления использованием спектра включает следующие этапы (см. рисунок 1):

- 1 оценка текущего использования спектра для различных технологий и применений;
- 2 разработка перечня перспективных технологий;
- 3 оценка частотного ресурса, необходимого и достаточного для систем и применений подвижной, фиксированной, радиовещательной, спутниковой связи и устройств малого радиуса действия (SRD);
- 4 разработка мер по обеспечению перспективных технологий достаточным объемом спектра.

РИСУНОК 1

Оценка текущего использования спектра для различных технологий и применений

Ниже приведены основные задачи на этапе оценки текущего использования спектра для различных технологий и применений:

- оценка фактического использования спектра применениями и системами подвижной, фиксированной, радиовещательной, спутниковой связи, а также SRD;
- определение полос частот, в которых могут быть развернуты новые технологии и применения;
- определение полос частот, которые используются неэффективно.

Разработка перечня перспективных технологий

Для разработки перечня перспективных технологий может использоваться метод экспертных оценок. Этот метод был выбран вследствие недостаточности статистических данных об использовании новых технологий, если таковые применяются.

Необходимая информация может быть собрана при помощи обсуждений или опросных листов.

Экспертные суждения – это мнения высококвалифицированных специалистов, выраженные в виде качественных или количественных оценок объекта, которые в дальнейшем используются в процессе принятия решений.

Для оценки качественных показателей может быть использована вербально-числовая шкала, которая включает содержательное описание ее уровней и соответствующих числовых значений или диапазонов.

Экспертиза может быть индивидуальной или коллективной, состоять из одного или нескольких раундов, что позволяет экспертам обмениваться информацией друг с другом или отказаться от такого обмена. Экспертиза может быть открытой или анонимной. Методы экспертных оценок многообразны и гибки и поэтому могут использоваться в самых разных областях. Тем не менее воспользоваться какой-либо схемой из числа наиболее известных и распространенных не всегда возможно. Следовательно, при реализации сложной и нетривиальной экспертизы администрациям рекомендуется проявлять творческий подход к использованию общеизвестных методов экспертных оценок и сочетать функциональные возможности каждого из них. В ряде случаев может быть разработан новый подход к проведению экспертизы. Наиболее простые и известные методы – работа комиссий, коллективное мнение экспертов и мозговой штурм. Первый метод представляет собой комплекс открытых дискуссий по той или иной теме для выработки единого мнения. Второй метод (коллективное мнение экспертов) предполагает, что экспертиза проводится по аналогии с судебным разбирательством.

При проведении мозгового штурма каждая идея должна обсуждаться и не может быть отклонена. Администратор экспертизы знает конечную цель обсуждения и руководит процессом.

Каждая технология, выбранная экспертами, проходит оценку перспективности. Для такой оценки может использоваться популярный метод Дельфи, который позволяет учитывать независимое мнение каждого эксперта путем последовательного обобщения идей, выводов и предложений и приходить к

единому мнению. Основой данного метода являются анонимные групповые интервью, которые проводятся в несколько раундов.

Метод Дельфи – это комплекс процедур, объединенных общими требованиями к организации процесса и формами получения экспертной оценки. Эффективность работы эксперта обеспечивается анонимностью процедуры и возможностью получить более полную информацию о предмете экспертизы. Как правило, для получения отзывов экспертиза проводится в несколько раундов, что позволяет экспертам корректировать свое мнение с учетом промежуточных средних оценок и экспертных разъяснений. На сегодняшний день не существует единого мнения о количестве раундов процедуры Дельфи, которое зависит от особенностей и целей экспертизы. Как правило, оценки не изменяются после второго раунда.

Каждый шаг предусматривает типовые процедуры. Чтобы дать качественную оценку предмета, экспертов просят ответить на следующие вопросы: ожидаемое время того или иного события, значимость характеристик в баллах и т. д. После получения ответов от экспертов данные систематизируются, после чего рассчитываются медиана и квартили упорядоченных данных. Результаты предоставляются экспертам, которым предлагается уточнить свое мнение. В особенности это касается экспертов, оценки которых выходят за пределы квартилей. Перед началом процедуры эксперты получают всю имеющуюся информацию по предмету экспертизы.

Каждый из них получает опросный лист. Сложные вопросы должны сопровождаться пояснительной запиской. На рисунке 2 приведена схема оценки перспективности технологии.

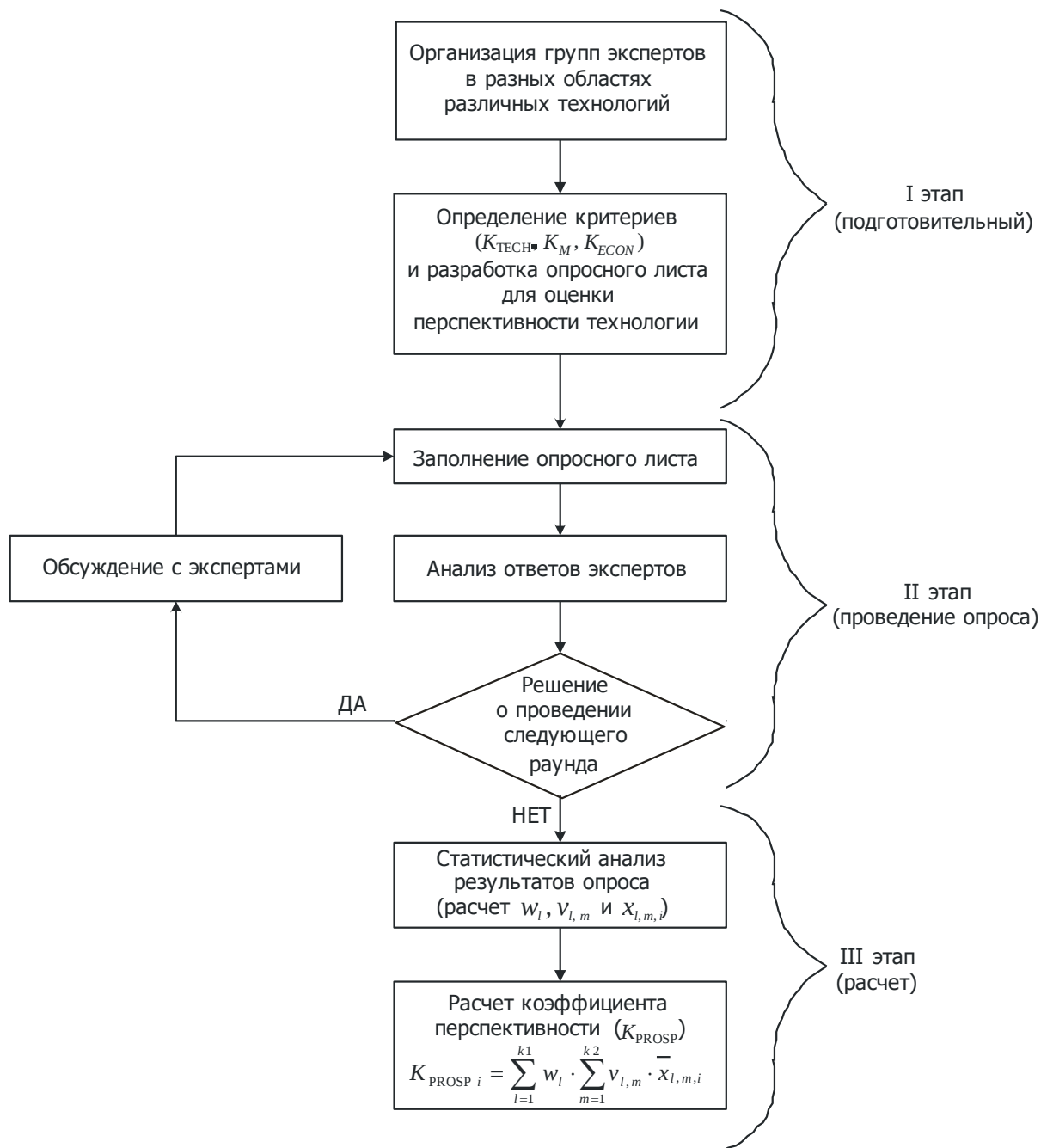
РИСУНОК 2
Оценка перспективности технологии



На рисунке 3 показан алгоритм получения исходных данных для оценки перспективности технологии по методу Дельфи.

РИСУНОК 3

Алгоритм проведения экспертного опроса по методу Дельфи



Отчет SM.2015-1_03

Согласно разработанной процедуре, группа экспертов формируется на первом этапе. Численность экспертов, необходимая для получения достоверных результатов, определяется по следующей формуле:

$$n = \frac{z_p^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}. \quad (1)$$

Здесь z_p определяется в соответствии с таблицей по значению доверительной вероятности $1 - \alpha$. При $1 - \alpha = 0,95$ $z_p = 1,96$; σ^2 – дисперсия оценок экспертов; Δ – точность оценки.

На данном этапе эксперты также определяют критерии оценки перспективности технологии. Существует три группы критериев:

- технические;
- рыночные;
- экономические.

Ниже приведены примеры для каждой группы критериев.

Технические критерии:

- K_V – ожидаемый срок высвобождения спектра. Этот параметр имеет большое значение не только для оператора, но и для государственных органов. Срок высвобождения спектра определяет срок внедрения новой технологии и получения эффекта от внедрения. Чем раньше произойдет высвобождение спектра, тем шире перспективы для развития рассматриваемой технологии (высокая оценка в баллах).
- K_D – количество типов устройств, которые удаляются из полосы. Данный показатель отображает сложность и продолжительность мероприятий по перегруппированию спектра. Чем больше типов устройств удаляется, тем меньше перспектив для развития рассматриваемой технологии (низкая оценка в баллах).
- K_H – помехозащищенность устройств, в которых используется новая технология, отображает совместимость перспективных технологий в доступной полосе частот. Чем выше помехозащищенность, тем более перспективной является технология (высокая оценка в баллах).
- K_S – эффективность использования спектра перспективной технологией. Данный критерий отображает эффективность использования спектра перспективными технологиями. Чем выше эффективность использования спектра, тем более перспективной является технология (высокая оценка в баллах).

Рыночные критерии:

- K_R – наличие утвержденных стандартов и регламента. Данный показатель отражает наличие технологических стандартов, утвержденных международными и региональными организациями по стандартизации, что способствует развитию технологий.
- K_K – рыночная конкуренция между производителями. Данный фактор характеризует перспективность развития технологии под влиянием рыночной конкуренции между поставщиками. Особенности рыночного ценообразования и закон спроса и предложения определяют обратную зависимость цен на устройства от количества поставщиков на рынке. Чем выше конкуренция на рынке, тем шире перспективы для развития рассматриваемой технологии (высокая оценка в баллах).
- K_E – опыт использования новых технологий. Наличие опыта использования ускоряет развертывание новых технологий и позволяет учесть эксплуатационные особенности экспериментальных и коммерческих сетей.

Экономические критерии:

- $K_{дох}$ – экономическая эффективность (рентабельность) использования новых технологий. Данный показатель отображает экономическую эффективность использования спектра различными технологиями. Чем выше эффективность, тем шире перспективы для развития технологии (высокая оценка в баллах).

Выбранные критерии систематизируются в опросном листе, и экспертам предлагается дать оценку технологиям по этим критериям в баллах (от 0 до 10). В первую очередь специалистам предлагается дать оценку воздействия:

- определенных групп критериев на перспективы развития технологий в целом;
- каждого из факторов на перспективы развития технологий в рамках выбранной группы;
- каждого из факторов на перспективы развития каждой рассматриваемой технологии радиосвязи.

Второй этап представляет собой собственно процедуру опроса, которая проводится в два раунда.

На третьем этапе проводится статистический анализ полученных результатов. Для этого этапа вводится следующее условие: если для какой-либо технологии важность одного из критериев получает от экспертов оценку "0", то эта технология радиосвязи исключается из дальнейших расчетов.

Для обработки данных может применяться следующий алгоритм.

- 1 Среднее значение экспертных оценок совокупного воздействия установленных групп критериев на перспективы развития технологий радиосвязи ($\bar{\alpha}_l$):

$$\bar{\alpha}_l = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{l,j}}{n}, \quad (2)$$

где $\alpha_{l,j}$ – оценка в баллах для группы критериев l , данная экспертом j ($j = 1 \div n$, n – число экспертов).

Для перехода от оценок в баллах к относительным единицам рассчитывается относительный вес значимости каждой группы критериев в совокупности:

$$w_l = \frac{\bar{\alpha}_l}{\sum_{l=1}^{k1} \bar{\alpha}_l}, \quad (3)$$

где w_l – вес значимости группы l в относительных единицах; $\bar{\alpha}_l$ – среднее значение экспертных оценок для группы l в баллах ($l = 1 \div k1$, $k1$ – количество групп критериев, $k1 = 3$). $\bar{\alpha}_l$ рассчитывается с помощью уравнения (2).

- 2 Рассчитывается среднее значение экспертной оценки каждого критерия перспектив развития технологий радиосвязи:

$$\bar{y}_{l,m} = \frac{\sum_{j=1}^n y_{l,m,j}}{n}, \quad (4)$$

где $y_{l,m,j}$ – оценка в баллах, данная критерию m в группе l экспертом j .

Для перевода баллов в относительные единицы рассчитывается вес для каждого критерия в группе:

$$v_{l,m} = \frac{\bar{y}_{l,m}}{\sum_{m=1}^{k2} \bar{y}_{l,m}}, \quad (5)$$

где $v_{l,m}$ – вес критерия m в относительных единицах ($m = 1 \div k2$, $k2$ – количество технических или экономических критериев в рассматриваемой группе); $\bar{y}_{l,m}$ – средний балл по критерию m . $\bar{y}_{l,m}$ определяется уравнением (4).

- 3 Рассчитывается средняя оценка в баллах по каждому критерию для каждой технологии. Для удобства баллы, данные экспертами, делятся на 10:

$$\bar{x}_{l,m,i} = \frac{\sum_{j=1}^n x_{l,m,i,j}}{n}, \quad (6)$$

где $\bar{x}_{l,m,i}$ – средний балл, присвоенный технологии i по рассматриваемому критерию ($i = 1 \div k3$, $k3$ – количество рассматриваемых технологий); $x_{l,m,i,j}$ – оценка, присвоенная технологии i экспертом j , деленная на 10.

4 Коэффициент перспективности рассчитывается для каждой рассматриваемой технологии:

$$K_{\text{PROSP}i} = \sum_{l=1}^{k1} w_l \cdot \sum_{m=1}^{k2} v_{l,m} \cdot \bar{x}_{l,m,i}, \quad (7)$$

где $K_{\text{PROSP}i}$ – коэффициент перспективности для технологии i ($i = 1 \div k3$, $k3$ – количество технологий) в относительных единицах; w_l – вес группы критериев l ($l = 1 \div k1$, $k1$ – количество групп критериев) в относительных единицах; $v_{l,m}$ – вес критерия m ($m = 1 \div k2$, $k2$ – количество критериев в группе l) в относительных единицах; $\bar{x}_{l,m,i}$ – средняя оценка технологии i по критерию m в группе критериев l в относительных единицах.

Оценка частотного ресурса, необходимого и достаточного для систем и применений подвижной, фиксированной, радиовещательной, спутниковой связи и SRD

При определении минимально необходимого частотного ресурса все выбранные технологии группируются по категориям: системы подвижной связи, системы фиксированной связи, радиовещательные системы, спутниковые системы и устройства малого радиуса действия.

Методика определения потребности в спектре может быть описана следующим образом:

- выбор параметров предоставляемых служб связи;
- число абонентов на квадратный метр рассчитывается путем деления общего числа абонентов на площадь зоны обслуживания (соты);
- выбор коэффициентов проникновения (%); каждая зона может иметь свой коэффициент проникновения;
- рассчитывается число абонентов на соту (для систем сотовой связи);
- определение значений параметров трафика:
 - загрузка в пиковые периоды (вызовы в час);
 - продолжительность сеанса связи (секунды);
 - коэффициент активности абонентов (единицы);
- расчет трафика на одного абонента;
- расчет общего трафика (Мбит/с);
- расчет характеристик системы с учетом качества линий связи и допустимого количества блокировок вызовов;
- оценка объема спектра, необходимого для внедрения новой технологии.

В случае если при оценке необходимого объема спектра требуется более подробная информация, в качестве справочных документов можно использовать Рекомендации МСЭ-R M.1390 и МСЭ-R M.1768-1, в которых приведены методики расчета потребностей в спектре для систем IMT-2000 и IMT-Advanced. Кроме того, в Рекомендации МСЭ-R M.1651 также представлены методы оценки объема спектра, необходимого для широкополосных кочевых систем беспроводного доступа, использующих диапазон 5 ГГц.

Разработка мер по обеспечению перспективных технологий достаточным объемом спектра

В качестве мер для обеспечения перспективных технологий радиочастотными ресурсами могут использоваться преобразование, перегруппирование или применение новых методов управления использованием спектра (например, LSA¹).

¹ Подробная информация приведена в Отчете МСЭ-R SM.2404 "Регуляторные инструменты для обеспечения расширенного совместного использования спектра".

Глава 2

Оценка сценариев

1 Введение

В зависимости от национальных перспектив, имеющихся ресурсов и нормативно-правовой базы использования спектра национальная организация по управлению использованием спектра может выбрать один из нескольких методов оценки сценариев в аспекте их потенциального воздействия на использование спектра. При оценке сценариев, оказывающих воздействие на использование спектра, могут применяться консультативный, аналитический или комбинированный подходы. Оценка может быть очень подробной, учитывающей все потенциальные факторы, или краткой, обзорной. Кроме того, обязанность по рассмотрению и учету факторов может быть возложена в основном на национальную организацию по управлению использованием спектра (см. главу 1) или распределена между заинтересованными сторонами. Такого рода оценка сценариев в конечном итоге способствует формированию основы для решений национальной организации по управлению использованием спектра, касающихся распределения или регулирования спектра. Сценарий представляет собой гипотетическую последовательность событий, за основу которых взяты действия или процессы в конкретной области (например, тенденция изменения численности и структуры населения страны) или конкретный период времени, тем или иным образом связанные между собой. Сам по себе сценарий не является прогнозом, но дополняет традиционное прогнозирование, предоставляя протокол возможной последовательности отдельных событий, связанных с каким-либо аспектом системы, вызывающим особый интерес.

В рамках долгосрочного планирования сценарии используются для прогнозирования возможных событий, а также для:

- повышения достоверности прогнозов и объяснения рисков (достоверности);
- определения потенциальных стратегических вариантов.

Сценарии базируются на основных, то есть политических, экономических, социальных и технических, факторах воздействия. Сценарии могут разрабатываться систематически для различных конфигураций факторов и их расчетных степеней вероятности.

2 Консультативный подход

Консультативный подход основан на предположении, что специалисты по планированию использования спектра могут путем объединения усилий с пользователями спектра, поставщиками услуг, производителями оборудования и исследовательскими институтами прийти к достаточно точному и экономически эффективному определению долгосрочных потребностей в спектре и его использования. Таким образом в этом подходе используются аналитические и наглядные материалы, полученные от специалистов в области спектра. При этом основная ответственность за анализ и прогнозирование возлагается на наиболее заинтересованные стороны. Детализация анализа факторов производится по усмотрению сообщества пользователей. С учетом быстрых изменений в отрасли радиосвязи и ограниченности ресурсов, доступных национальным организациям по управлению использованием спектра, подобный подход нередко является наилучшим и экономически эффективным вариантом для специалистов по планированию использования спектра.

2.1 Исследование будущих потребностей в спектре/службах

Консультативный подход начинается с публичного уведомления или объявления, информирующего все заинтересованные стороны о предстоящей разработке долгосрочного плана использования спектра, или, в ряде случаев, с конкретного стратегического компонента плана, для чего запрашивается техническая, социальная и экономическая информация, относящаяся к такого рода плану. Уведомление должно публиковаться предпочтительно в официальном издании, заведомо имеющем широкую аудиторию. Публичный характер уведомления особенно важен, поскольку позволяет вызвать максимальный интерес и получить обратную связь от потенциальных системных операторов.

Недостаточная доступность уведомления не позволит получить широкий отклик. Однако в странах, где отсутствует возможность официальной публикации, или в случаях, когда время ограничено, для эффективного сбора информации могут использоваться постоянно действующие консультативные органы.

Следует определить область исследования, а также временные рамки получения ответов. Ответы ожидаются от групп пользователей спектра, поставщиков служб радиосвязи, производителей оборудования, правительственных организаций, в том числе военных, и широкой общественности. Специалисты по планированию использования спектра могут потребовать, чтобы отклики направлялись в письменной форме или были получены в рамках прямого диалога. В любом случае ответы, полученные от этих групп, формируют основу для определения потребностей в спектре и способствуют принятию решений по управлению использованием спектра.

Как было отмечено выше, информацию для консультативного процесса предоставляет целый ряд групп. Группы пользователей – это конечные пользователи услуг электросвязи, имеющие общую заинтересованность в получении услуг высокого качества при минимальных затратах. Эти группы пользователей могут иметь возможность высказывать требования к новым или расширенным службам радиосвязи. Поставщики услуг радиосвязи – это коммерческие организации, предоставляющие услуги конечным пользователям. Поставщики услуг ожидают роста рынка услуг, опираясь на собственные опросы и свои деловые качества. Отражением роста рынка услуг может служить потребность в дополнительном объеме спектра. Производители радиооборудования заинтересованы в росте рынка систем на базе радиосвязи и могут предоставить технические обоснования пригодности тех или иных полос частот для предлагаемой службы радиосвязи, а также прогнозы технических достижений, которые могут повысить эффективность использования спектра.

Потребность в спектре для государственных и местных органов власти, а также для военных структур связана с потребностями будущих систем радиосвязи. Хотя эти потребности могут быть частично удовлетворены поставщиками коммерческих услуг, многие из них могут иметь уникальный характер и вызвать необходимость в спектре и уникальных системах радиосвязи, специально предназначенных для этих целей. Вероятно, некоторые системы могут иметь отношение к государственной безопасности, в связи с чем информация о них не должна попадать в открытый доступ и должна защищаться регуляторным органом.

Основополагающий принцип консультативного процесса заключается в том, что только сами пользователи, поставщики услуг и производители способны наиболее точно оценить свои потребности в спектре. Поскольку они ведут хозяйственную деятельность или выполняют функции государственного управления, они должны иметь возможность оценивать свои потребности, затраты и требования пользователей. При этом участники процесса, заявляя о своих потребностях, должны определять и учитывать социальные и экономические факторы.

Вполне понятно, что стороны, заинтересованные в получении спектра, отвечая на опрос, могут быть склонны преувеличивать свои потребности в спектре и службах. В связи с этим для обеспечения достаточной точности в определении потребностей национальные организации по управлению использованием спектра могут использовать интерактивный диалог и анализ тенденций использования.

2.2 Взаимодействие с группами представителей и между ними

Формальные консультативные процессы могут проходить в рамках многоэтапного итеративного подхода. Поскольку взаимодействие заинтересованных сторон может происходить в виде официальных ответов и контрответов на запрос, это увеличивает период времени, необходимого для завершения процесса исследования. Во многих случаях это имеет очень большое значение, так как национальные организации по управлению использованием спектра, имея в своем распоряжении достаточно времени, получают возможность тщательного изучения проблемы. Кроме того, это гарантирует, что все предложения будут зафиксированы и рассмотрены.

Однако для максимизации взаимодействия, а в некоторых случаях для ускорения процесса, в ходе проведения исследования может оказаться целесообразным встретиться с представителями основных групп, представляющих ответы. Такого рода взаимодействие дает возможность наладить диалог между пользователями, поставщиками услуг и регуляторными органами, позволяющий прояснить намерения сторон, а также уменьшить или устранить возможное преувеличение потребностей в спектре. В процессе диалога каждое требование рассматривается в контексте других требований (как новых, так и старых), благодаря чему переговоры по использованию спектра и в конечном итоге результаты планирования приближаются к реальности. Во многих случаях подобный диалог помогает сторонам пересмотреть свои запросы в процессе взаимодействия с другими сторонами.

2.3 Анализ тенденций использования

Результаты любого исследования должны сравниваться с требованиями на основе анализа тенденций использования существующих служб радиосвязи. Повышенная потребность в спектре для стабильной или сокращающейся группы пользователей выглядит подозрительно, за исключением случаев, когда рост числа пользователей сдерживается отсутствием нужной службы. Экстраполяция данных об использовании и вычисление требуемого объема спектра с предполагаемым использованием технологий, обеспечивающих эффективное использование спектра, позволит регуляторному органу получить приблизительный расчет будущего использования и сравнить его с результатами исследования. При наличии нелинейных тенденций (крупных научно-технических достижений) прогнозирование, основанное на тенденциях использования, может приводить к неверным результатам. В этих случаях благодаря крупным научно-техническим достижениям или значительному снижению цен на услугу объем использования будет расти в геометрической прогрессии в ближайшем будущем. Однако при консультативном подходе основное внимание уделяется экономически эффективным процессам. Поэтому глубина анализа тенденций использования должна оцениваться с точки зрения повышения его точности.

2.4 Пример

В 1993 году одна из структур администрации Соединенных Штатов Америки запустила программу определения потребностей в спектре на национальном уровне на ближайшие десять лет. Уведомление о проведении опроса было опубликовано в Федеральном реестре – ежедневном правительственном издании, публикующем предлагаемые федеральные нормативно-правовые акты, информацию об опросах и общие уведомления, касающиеся деятельности правительства. Проведение опроса было обусловлено необходимостью прогнозирования потребностей в спектре, и был поставлен ряд вопросов относительно будущих потребностей в спектре. Организациям, фирмам и частным лицам предлагалось присылать ответы.

В ответ на опрос было получено более 70 комментариев от промышленных структур, групп пользователей, частных лиц и правительственных учреждений. Объем комментариев колебался от двух до нескольких сотен страниц. В процессе рассмотрения комментариев были сформулированы будущие потребности в спектре для различных служб радиосвязи, которым распределены частоты.

Были изучены статистические данные, касающиеся государственных лицензий и лицензий на радиосвязь для частного сектора, в целях определения степени корреляции с полученными комментариями относительно будущих потребностей в спектре. После проведения анализа были организованы встречи с группами пользователей сухопутной подвижной связи, поставщиками услуг персональной связи и производителями для обмена дополнительной информацией, касающейся будущих потребностей в спектре.

Правительственным консультативным комитетам, состоящим из экспертов в области электросвязи, были представлены предварительные результаты оценки будущих потребностей в спектре. Рассмотрев результаты, эти комитеты предоставили дополнительные комментарии по потребностям в спектре.

Наконец, с учетом всех полученных комментариев был подготовлен доклад², содержащий прогноз будущих потребностей в спектре для служб радиосвязи, которым распределены частоты в Соединенных Штатах Америки. На основании этого доклада и потребностей в спектре, установленных другими комитетами, можно было составить планы по пересмотру национальных и международных таблиц распределения частот для удовлетворения будущих потребностей в спектре для служб электросвязи.

3 Аналитический подход

3.1 Введение

Аналитический подход включает подробный анализ факторов, влияющих на прогнозируемую тенденцию. Результаты анализа и предположения преобразуются в понятные цифры. Эти цифры рассчитываются математически с помощью программного обеспечения (при его наличии).

Этот метод, объединяющий анализ и математический расчет, имеет следующие преимущества:

- это всесторонний метод восходящего анализа, основанный на подробных данных, который используется для получения и регистрации результатов;
- данные по факторам влияния получены из статистики за предыдущие годы. Численные показатели для будущего периода экстраполируются на основе этих статистических данных;
- весовые коэффициенты для каждого фактора влияния могут быть определены на основе результатов опросов и других исследовательских материалов (например, результатов сторонних исследований, технических отчетов, а также рекламных материалов);
- могут быть оперативно определены те или иные воздействия, которые изменяют отдельные факторы, влияющие на результаты прогноза;
- аналитический метод не обязательно требует получения большого объема информации от организаций, не относящихся к управлению использованием спектра, и может применяться с использованием данных существующей статистики;
- это детальный и всесторонний аналитический метод, использующий достоверные статистические данные, показывает относительно объективный результат.

3.2 Шаги по разработке аналитического подхода

Аналитический подход включает в себя следующие шаги.

Шаг 1. Всесторонний анализ текущей ситуации.

Шаг 2. Разработка обоснованных предположений в отношении факторов (см. Приложение 1 к главе 1).

Шаг 3. Разработка возможных сценариев:

- один достоверный сценарий с указанием любых элементов неопределенности и их основных причин;
- дополнительные сценарии, нацеленные на самые существенные факторы неопределенности.

Шаг 4. Оценка сценариев:

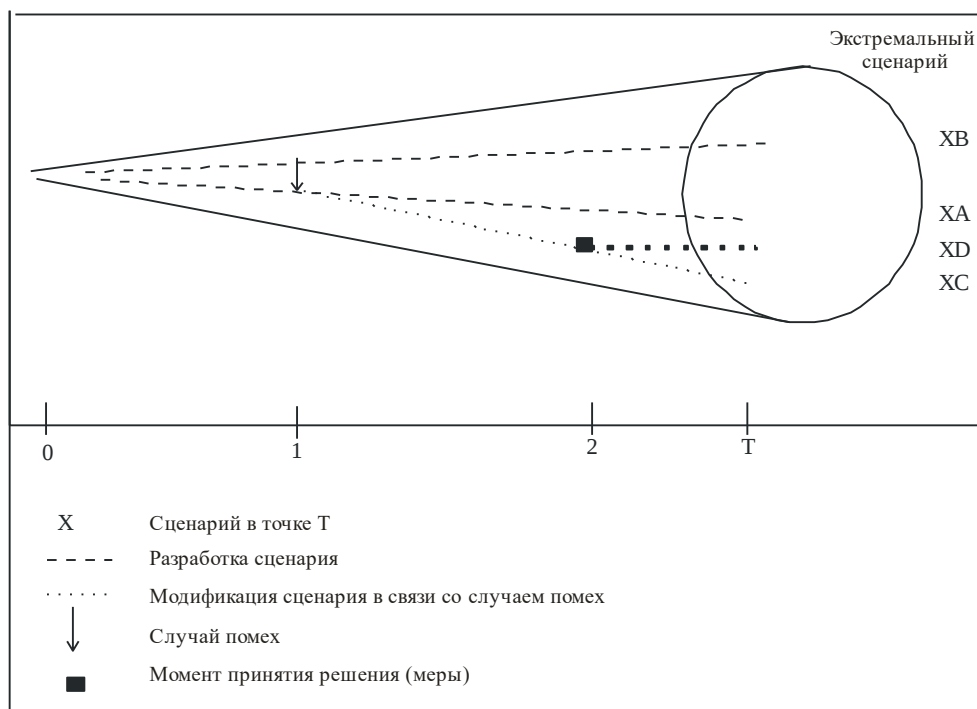
- сценарии рассматриваются на предмет завершенности, значимости факторов и их индивидуальных рисков, выгоды и приоритетов.

Шаг 5. Представление набора заключительных выводов.

На рисунке 4 подробно изображен процесс разработки сценариев, предусмотренных шагом 3. Конус обозначает диапазон возможной оценки во времени и иллюстрирует характеристики сценария.

² U.S. National Spectrum Requirements: Projections and Trends, U.S. Department of Commerce, March 1995.

РИСУНОК 4
Разработка сценариев



События ближайшего будущего во многом определяются настоящим (исключая непредвиденные события). Чем дальше будущее, тем шире диапазон возможных событий. Конус иллюстрирует, каким образом расширяется диапазон возможных событий. Диаметр основания конуса определяется количеством переменных факторов, принимаемых во внимание. Все возможные пути развития событий в период от 0 до T заканчиваются на основании. Некоторые из этих путей описаны в сценариях: изучение всех представимых путей в рамках трех сценариев невозможно и экономически нецелесообразно. Сценарии A и B представляют собой два усредненных пути, учитывающих все факторы. Если событие происходит в точке 1 и создает помехи на пути, путь изменяет направление и заканчивается в точке C. Если в точке 2 принимается решение, путь снова изменяет направление и заканчивается в точке D.

3.3 Использование аналитического метода в процессе долгосрочного планирования потребностей в спектре

Аналитический метод можно рассматривать как модель, которую можно преобразовать в компьютерную программу или проанализировать вручную.

Приведем пример. Регуляторный орган электросвязи и почты Германии среди прочего представил сценарий изменения числа пользователей UMTS до 2010 года. В сценарии проведены разграничения между частными и корпоративными пользователями.

Были определены три основных фактора, влияющих на количество частных пользователей:

- тенденции получения дохода;
- возрастное распределение;
- размер домохозяйств.

Указанные факторы были определены с использованием документов Федерального статистического управления в сочетании с информацией о ценах и тарифах на подвижную радиосвязь, распределении населения по возрасту и покупательной способности, досуговой деятельности и увеличении количества небольших домохозяйств (с обоими работающими супругами и без детей). Эти данные были получены из предыдущих анализов и исследований, технической литературы и демографической статистики.

Максимальное потенциальное количество корпоративных пользователей было определено с учетом количества и тенденций в отношении работающих по найму и транспортных средств, принадлежащих компаниям. Планируемое к 2010 году потенциальное количество пользователей было определено путем вычитания определенного процента в целях учета двойных пользователей, то есть лиц, использующих UMTS как в личных, так и в деловых целях.

На основе этих пользовательских данных была создана модель трафика, которая в конечном итоге позволила дать прогноз потребностей в спектре для систем UMTS в 2010 году с учетом технических факторов влияния, таких как полоса пропускания системы, разнесение каналов, радиус и конфигурация соты.

В случае если сценарий был разработан ранее, его можно сравнить с текущими событиями, чтобы подтвердить его точность и при необходимости пересмотреть.

Глава 3

Соответствующие процедуры перехода от текущего использования спектра к долгосрочным целям

1 Определение долгосрочных целей управления использованием спектра

При определении долгосрочных целей управления использованием спектра следует рассмотреть вопрос о максимизации использования радиочастотного спектра с помощью различных технических и эксплуатационных методов, известных или разрабатываемых в настоящее время. Эти цели должны учитывать потенциальный рост существующих служб радиосвязи, а также внедрение и рост новых служб и их применений. Кроме того, следует учитывать изменения в использовании спектра местными отраслевыми предприятиями и широкими слоями населения, изменения в технологиях, а также технические и нетехнические факторы, описанные в Приложении 1 к главе 1.

Цели долгосрочного управления использованием спектра могут быть в общих чертах обозначены следующим образом: содействие развитию и использованию радиочастотного спектра для поддержки изменяющихся технологических, социальных, политических и экономических условий с обеспечением максимальной пользы для всех.

Долгосрочные цели должны учитывать исходные данные от государственных органов, местных отраслевых предприятий, а также внутри отрасли – от крупных и малых организаций и ряда географических регионов.

2 Оценка текущего процесса управления использованием спектра

Эта оценка должна предусматривать изучение текущего процесса управления использованием спектра на национальном уровне в целях определения его слабых и сильных сторон с точки зрения отрасли и правительства. Результаты этой оценки послужат основой для разработки обновленных долгосрочных стратегий управления использованием спектра (пример приведен в Приложении 1 к настоящей главе).

3 Процедуры перехода

Основой долгосрочного процесса управления использованием спектра является тщательный отбор стратегий для достижения долгосрочных целей управления использованием спектра. Выбранные стратегии должны быть включены в национальный долгосрочный план использования спектра. Ниже приведен список ключевых процедур перехода к новой структуре использования спектра и долгосрочных стратегий управления использованием спектра.

3.1 Стимулирование эффективного использования спектра

Перейти от существующей структуры использования спектра к долгосрочным целям можно с помощью передовых методов и процедур инженерно-технической поддержки использования спектра. Поставщиков услуг следует стимулировать к применению подобных методов и процедур, например, путем снижения или фиксирования лицензионных сборов. В настоящем Отчете рассматриваются следующие процедуры перехода.

3.1.1 Использование новых технологий для повышения эффективности повторного использования частот

Повторное использование частот определяется как количество раз, когда одна и та же частота может быть использована в какой-либо географической зоне без причинения вреда пользователям данной частоты. Как правило, одним из важнейших аспектов метода повторного использования является координация частот. Эффективное использование спектра может быть достигнуто при помощи передовых технических методов, позволяющих расширить повторное использование частот; уменьшения пропускной способности канала; усовершенствования методов кодирования, методов модуляции и стратегии доступа; повышения эффективности совместного использования полос без создания помех; введения новых критериев совместного использования спектра; разработки стратегии присвоения частот и модели использования спектра; а также при помощи других технических и эксплуатационных методов.

Технические подходы к повторному использованию частот и перекрытию систем различных служб хорошо известны. В Справочнике МСЭ по управлению использованием спектра на национальном уровне от 2015 года в главах, касающихся практики инженерно-технической поддержки спектра и использования спектра, рассматриваются вопросы, которые включают измерения использования спектра и эффективности использования спектра при внедрении этих подходов. Кроме того, в Справочнике рассматриваются такие технические средства, как подавители помех, экраны для защиты от помех, отражательные антенны миллиметровых волн и наземные мобильные адаптивные антенны. В настоящем Отчете указанные вопросы повторно не рассматриваются.

3.1.2 Разделение каналов

Данный метод предусматривает повышение эффективности использования спектра путем перепланирования существующих полос спектра за счет использования каналов с более узкой полосой пропускания. Разделение каналов требует применения технологий с более эффективным использованием спектра и внедрения новых технических и эксплуатационных стандартов. В процедурах разделения каналов должен учитываться тот факт, что спектр, подлежащий перепланированию, как правило, интенсивно используется. При разработке плана разделения каналов необходимо рассмотреть ряд других вопросов, в том числе:

- непрерывность обслуживания – перераспределение должно выполняться без прерывания обслуживания;
- затраты – эволюционный подход к внедрению, позволяющий снизить затраты для пользователя спектра;
- функциональная совместимость – важно сохранить определенную степень обратной функциональной совместимости и возможность взаимодействия, если ожидается, что новые технологии обеспечат повышение функциональности и производительности;
- риск – необходимо соблюдать баланс между принимаемыми мерами, которые обеспечат увеличение производительности, и потребностью пользователей в решениях с низким уровнем риска;
- согласованность – по возможности процедуры должны быть согласованы с соседними странами и на международном уровне.

3.1.3 Перераспределение спектра

Результатом планирования использования спектра при определенных обстоятельствах и в соответствии с долгосрочными решениями может стать перераспределение спектра служб. Это может означать переход существующих пользователей полосы спектра либо на новые технологии, либо на новые полосы частот. Необходимость в перераспределении может возникнуть по нескольким причинам:

- распределение спектра, возможно, действует в течение длительного времени и более не отвечает требованиям пользователей или возможностям современных систем;
- для новых служб радиосвязи требуется распределение спектра в пределах конкретного диапазона частот, а эти частоты заняты службами, которые не могут использовать спектр совместно с новыми;
- решение Всемирной конференции радиосвязи о распределении занятой в настоящее время полосы частот другой службе на глобальной или региональной основе.

3.1.4 Наложение служб и совместное использование полос частот

Значительно снизить потребность в новом спектре можно за счет эффективного совместного использования полос частот несколькими службами. Большое значение имеет определение полос, которые совместно используются в настоящее время и планируются к совместному использованию в будущем.

Перспективным подходом к снижению потребности в большем объеме спектра является концепция совместного использования спектра службами широкополосной и узкополосной связи. Данную концепцию целесообразно применять в случаях, когда характеристики конкретной схемы модуляции или конкретные параметры системы позволяют службам радиосвязи совместно использовать полосу спектра, не создавая помех друг другу. Данный подход называется наложением служб.

Типичным примером наложения служб является способность систем с расширением спектра эффективно работать совместно с обычными системами. Для обеспечения совместного использования полос различными системами обычно применяются такие методы, как мультиплексирование с ортогональным разделением частот (OFDM), многостанционный доступ с кодовым разделением (CDMA) и многостанционный доступ с временным разделением (TDMA). Наложение служб следует рассматривать для каждого отдельного случая, проводя специальный анализ конкретных протоколов и архитектур служб – потенциальных источников помех. Для этого могут потребоваться стратегии совместного использования спектра и распределения частот и модели использования спектра.

3.1.5 Совместно используемые системы радиосвязи

Некоторые организации могут не эксплуатировать собственные системы, а совместно использовать одну систему радиосвязи. Для создания необходимых межсетевых экранов между функциями разных пользователей и для прозрачной расстановки приоритетов требуются специальные технологии. Должен существовать механизм определения и учета различных схем загрузки каждой службы в совместно используемой системе, позволяющий максимально эффективно осуществлять совместное использование. Совместное использование систем радиосвязи некоторыми организациями (полицией, пожарной службой, скорой помощью) позволяет значительно повысить эффективность использования радиочастотного спектра, особенно в перегруженных диапазонах частот. Такого рода совместное использование также способствует снижению стоимости системы радиосвязи.

3.1.6 Использование неиспользуемых участков спектра

Вследствие нехватки финансов или оборудования, а также получения экономической выгоды от блокировки использования спектра другими службами в настоящее время некоторые лицензиаты не используют свои лицензированные участки спектра. Правила, нормативные акты и программы должны быть нацелены на то, чтобы минимизировать практику неиспользования лицензиатами лицензированного спектра. Этого можно добиться, например, путем наложения штрафов за неиспользование лицензированного спектра, а в ряде случаев и отзыва лицензии.

Правила, нормативные акты и программы также должны стимулировать расширение предоставления услуг в полосах высоких частот (> 40 ГГц). Особенно это касается служб, требующих исключительных прав на использование спектра, и приложений широкополосной связи. Радиочастотный спектр в полосах выше 40 ГГц в настоящее время используется недостаточно. Данный сегмент спектра имеет потенциал для поддержки наиболее широкополосных служб и повторного использования высоких частот благодаря небольшим размерам сот на столь высоких частотах. Внедряемые в данном сегменте спектра системы также имеют ряд технических преимуществ, таких, например, как меньший размер антенн, более узкая ширина луча, меньшие габариты и вес оборудования, а также простота установки и изменения конфигурации.

3.1.7 Использование проводных распределительных сетей в качестве дополнения

Для снижения потребности в спектре в качестве альтернативы беспроводным сетям могут использоваться проводные сети, особенно в перегруженных регионах и для широкополосных систем. Необходимо разработать правила и нормативные акты, стимулирующие использование передовых интеллектуальных сетевых технологий в целях создания бесшовных интерфейсов между проводными распределительными сетями и беспроводными линиями связи малого радиуса действия.

3.2 Повышение гибкости использования спектра

Долгосрочная программа управления использованием спектра с самого начала должна предусматривать гибкость стратегий и правильную расстановку приоритетов. Эта программа должна обеспечивать:

- гибкость обслуживания, то есть использование радиочастотного спектра для предоставления любых услуг (голосовая связь, передача данных и изображений и т. д.) с учетом технических ограничений соответствующей полосы частот;
- техническую гибкость, то есть применение любых имеющихся технологий для предоставления услуг с учетом ограничений, связанных с воздействием помех;
- введение правил и нормативных актов, не имеющих директивного характера и позволяющих адаптироваться к новым идеям, технологиям и требованиям рынка. Правила и нормативные акты должны обладать гибкостью, достаточной для удовлетворения изменяющихся социальных, экономических и технических потребностей.

В качестве примера программы, повышающей гибкость использования спектра, можно привести концепцию лицензирования блока спектра. В соответствии с концепцией пользователь получает лицензию на блок спектра, как правило размером несколько мегагерц, на географической основе. На лицензиата возлагаются обязанности по технической поддержке систем и координации частот как на границах лицензируемой области, так и в пределах тех участков, где спектр используется совместно с лицензиатами других блоков. Лицензирование крупного блока частот как альтернатива лицензированию каналов позволяет повысить эффективность использования радиочастотного спектра.

3.3 Получение максимальной социальной и экономической выгоды при надлежащем управлении использованием спектра

Управление использованием спектра играет важную роль в повышении социального и экономического благосостояния страны за счет максимального использования спектра для беспроводных систем. Подчеркивается, что в этом смысле экономическая выгода должна пониматься в широком контексте, а не просто как увеличение доходов от лицензирования. Эта концепция может быть реализована в процессе лицензирования, который:

- обеспечивает использование доступного диапазона частот, наиболее подходящего для системы с максимальной эффективностью, допускаемой технологией;
- способствует устойчивой конкуренции среди поставщиков услуг;
- обеспечивает более высокую плотность использования в пределах распределений службам за счет применения технологий, эффективных в части использования спектра, повторного использования частот, усовершенствованных моделей планирования частот, улучшенных критериев совместного использования частот и прогнозирования плотности трафика;

- способствует продвижению на рынок новых поставщиков услуг радиосвязи;
- позволяет количественно определить (насколько это возможно) и довести до максимума социальные выгоды, получаемые в рамках рассматриваемой стратегии лицензирования.

Долгосрочные правила, регламенты, стандарты и программы по управлению использованием спектра должны быть гибкими, эффективными, стратегически ориентированными, нейтральными в отношении технологий и услуг и не иметь директивного характера. Следует учитывать последствия предполагаемого или фактического негативного воздействия использования спектра на здоровье человека. Необходимо составить планы правильного и эффективного информирования общественности по этим вопросам.

3.4 Обеспечение использования спектра во всех регионах страны, где он необходим

Поставщики услуг, как правило, отдают приоритет крупным городам, в результате чего небольшие города и малонаселенные районы обслуживаются в недостаточной степени. Использование спектра во всех регионах страны, включая небольшие города, может быть достигнуто путем рассмотрения этого вопроса в процессе лицензирования.

3.5 Подготовка квалифицированных кадров и разработка надлежащих инструментов для инженерно-технической поддержки использования спектра

Необходимо разработать соответствующие правила и программы для обучения и поддержания квалификации и компетентности специалистов по управлению использованием спектра на национальном уровне. Специалисты должны быть обеспечены современными инструментами, в особенности автоматизированными и компьютерными системами, позволяющими эффективно справляться с требованиями лицензирования и выполнять анализ помех для существующих и новых технологий.

Следует также осуществлять инвестиции в исследования и разработки, связанные с управлением использованием спектра, для достижения цели долгосрочного использования спектра.

Приложение 1 к главе 3

Пример процедур оценки эффективности использования спектра в Республике Корея

1 Базовая информация

По мере роста потребностей в спектре становится необходимо своевременно обеспечивать ресурсы спектра. Во многих странах периодически проводились исследования и анализ текущей степени использования спектра, однако из-за ограничений, связанных с фрагментарным и качественным анализом, было трудно разработать соответствующую политику, которая бы всесторонне учитывала будущий спрос и предложение. В результате в последнее время в некоторых странах стали применять метод выявления кандидатных полос и оценки их приоритетности для систематического обеспечения спектра в рамках процесса долгосрочного планирования.

С 2019 года в Республике Корея внедрена система оценки, призванная повысить эффективность использования спектра в процессе определения долгосрочных национальных стратегий с целью удовлетворить быстро растущие потребности в спектре и обеспечить его научное освоение.

Результаты оценки степени использования спектра с учетом различных факторов для каждой полосы частот, позволяющие выявить целевые полосы, требующие поддержания, публикуются в открытом доступе через систему прогнозирования перераспределения спектра, благодаря которой можно заранее сообщать о графике проведения мероприятий по поддержанию спектра и принимаемых мерах.

2 Процесс оценки

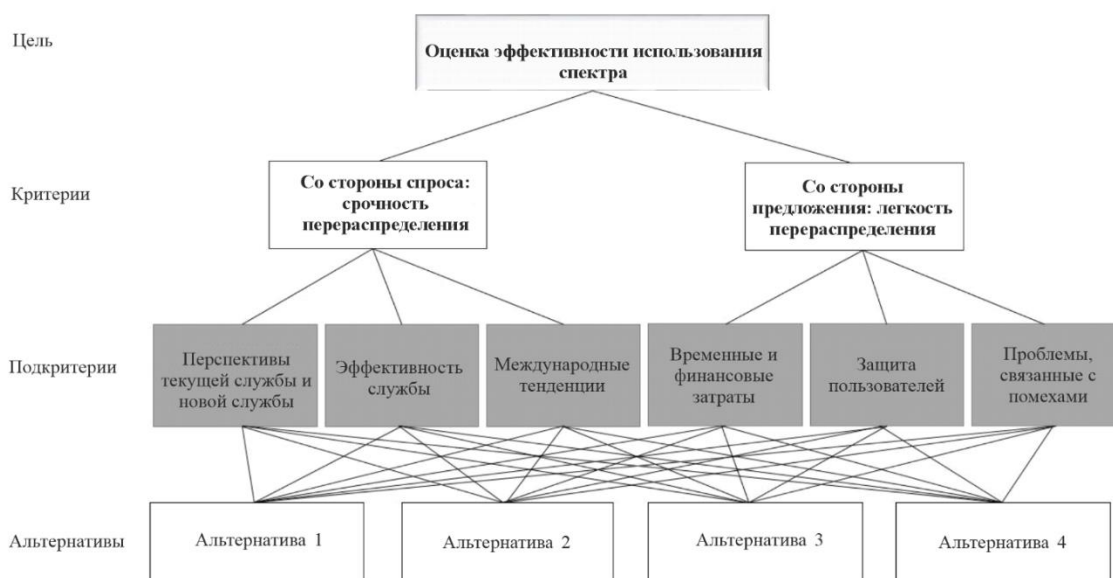
Все полосы частот делятся на нижние (ниже 3 ГГц), средние (от 3 до 10 ГГц) и верхние (выше 10 ГГц), и каждый год одна из трех полос проходит поэтапную оценку. Процесс оценки осуществляется в следующем порядке: самооценка → консультативная оценка → заключение комитета по оценке → мнение заинтересованных сторон → прогноз и уведомление о рекомендациях.

В основу критериев оценки эффективности использования спектра положены статьи Закона о радиочастотах, а также предложена четырехуровневая матрица для оценки приоритетности, в которой учитываются как срочность спроса, так и легкость предложения.

Установление порядка приоритетности различных альтернатив является непростой задачей, поскольку критерии не подлежат прямому сравнению, а в случае конфликтующих критериев компромиссы между ними следует выражать количественно. Поэтому при проведении подобной оценки для выбора альтернативных решений может применяться метод анализа иерархий (МАИ), который является одним из методов принятия решений по нескольким критериям. МАИ обеспечивает комплексную и рациональную основу для структурирования проблем принятия решений, представления и количественной оценки их элементов, соотнесения этих элементов с общими целями и оценки альтернативных решений.

РИСУНОК 5

Процесс выбора критериев оценки эффективности использования спектра (МАИ)



Report SM.2015-05

Для оценки эффективности использования спектра применяется несколько критериев, которые включают в себя аспекты как спроса, так и предложения. При анализе спроса делается попытка оценить перспективы новых служб и объем спроса на основе текущего состояния служб и спроса; уровни, при которых требуется принять меры для повышения эффективности использования спектра; а также соответствие международным стандартам и тенденциям в крупных странах, чтобы определить степень срочности перераспределения спектра. Что же касается предложения, то для оценки легкости перераспределения в качестве критерия оценки используются необходимые временные и финансовые затраты, возможность принятия мер по защите пользователей, а также возможность решения проблем, связанных с помехами.

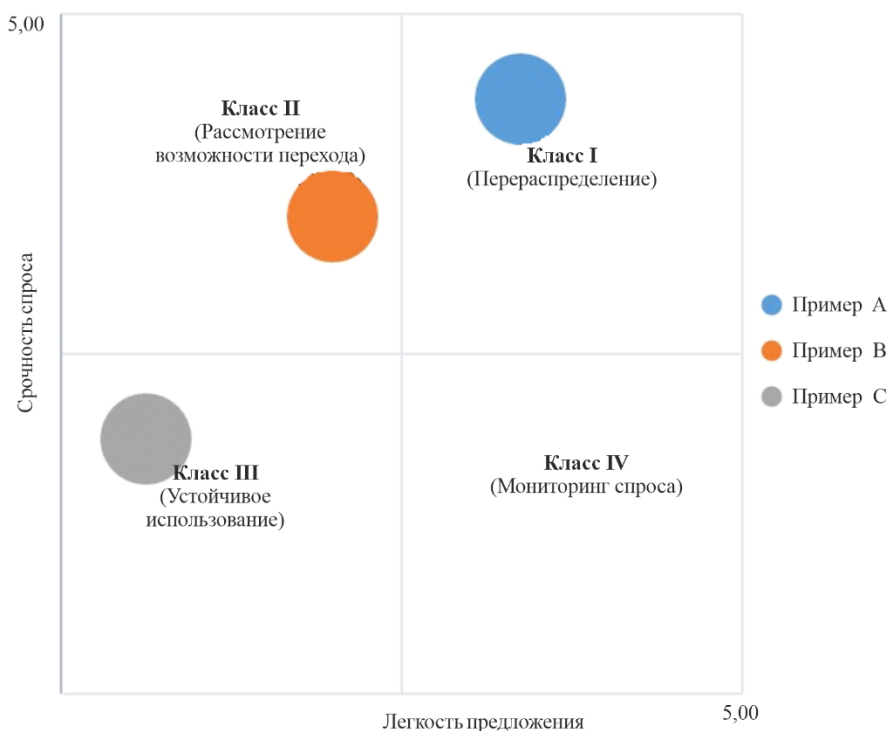
ТАБЛИЦА 2
Критерии оценки

Аспект	Фактор	Критерии оценки	Метод
Анализ спроса	Коэффициент использования спектра существующими службами	Тенденция изменения показателей радиостанций	Количественный
		Степень технологического развития	Качественный
		Экономический эффект	Качественный
		Общественные и государственные интересы	Качественный
	Потенциальный спрос на новые службы	Технический показатель	Качественный
		Показатель экосистемы	Качественный
	Фактический спрос на новые службы	План использования спектра	Количественный
		Уровень возросшего внутреннего спроса	Количественный
		Экономический эффект	Качественный
		Общественные и государственные интересы	Качественный
Промежуточный итог оценки уровня спроса на службу в баллах (Y)			
Возможность предложения спектра	Коэффициент неиспользованного спектра	Коэффициент неиспользованного спектра на территории	Количественный
		Коэффициент неиспользованного спектра в крупных городах	Количественный
	Возможность обеспечения спектра	Наличие альтернативных полос частот	Количественный
		Возможность поддержания спектра	Качественный
		Стоимость перехода на альтернативные полосы	Качественный
	Другие соображения	Приемлемость для действующих пользователей	Качественный
		Актуальность государственных интересов для новых видов использования	Качественный
Промежуточный итог оценки возможности предложения спектра в баллах (X)			
Итог (X,Y)			

Результаты оценки для каждой полосы отображаются в матричной диаграмме для ранжирования приоритетности перераспределения по четырем классам. На вертикальной шкале показана степень спроса на службу (от 0 до 5), а на горизонтальной – возможность предложения спектра (от 0 до 5). Если оцениваемая полоса находится в первом квадранте (класс I), то для повышения эффективности использования спектра будет произведено перераспределение спектра, а если она попадает во второй квадрант (класс II), то выдача дополнительных новых лицензий будет запрещена, а долгосрочные меры по повышению эффективности будут пересмотрены посредством предварительного уведомления. Если полоса расположена в третьем квадранте (класс III), то это указывает на то, что она будет использоваться непрерывно, а четвертый квадрант (класс IV) означает содействие использованию служб, которые в настоящее время уже находятся в эксплуатации, или выявление новых потребностей.

РИСУНОК 6

Пример результатов оценки эффективности использования спектра



Report SM.2015-06

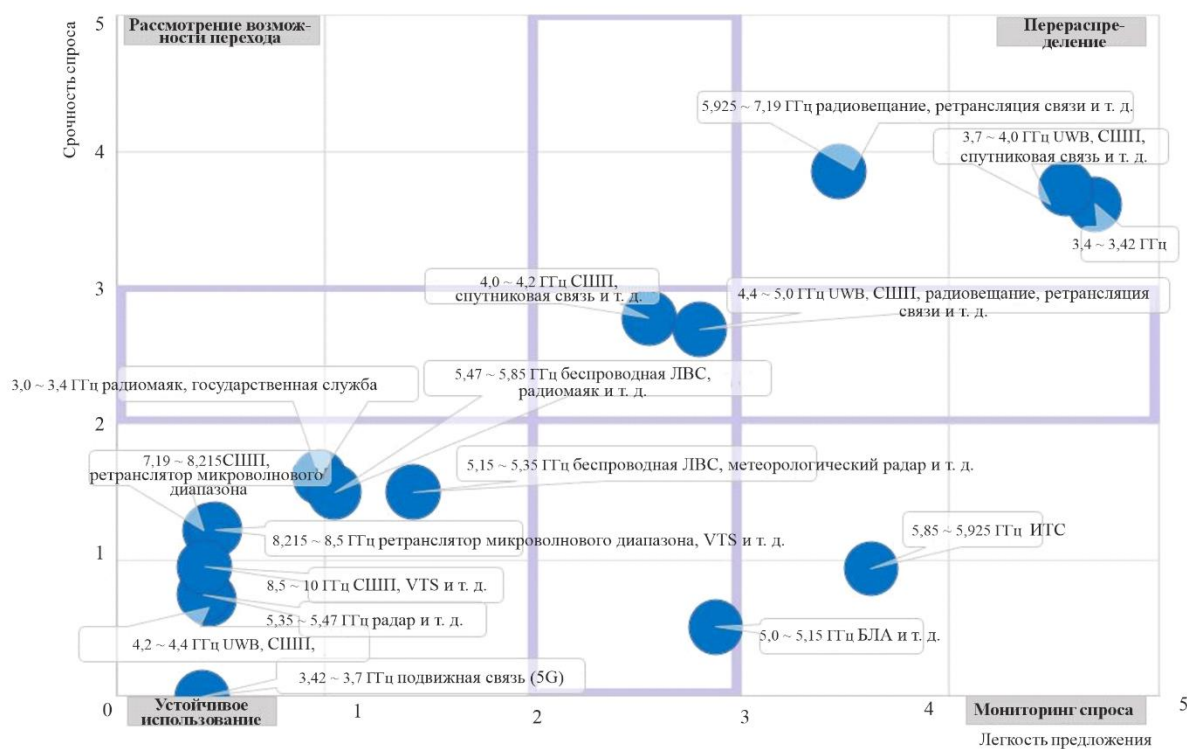
3 Реальные случаи оценки

В 2020 году была проведена оценка средних полос (от 3 до 10 ГГц), для которых характерен быстрый рост спроса на частоты на международном уровне, например на частоты 5G и Wi-Fi. Согласно проведенной оценке, для полос 3,7~4,0 ГГц/3,42 ГГц/6 ГГц требуется перераспределение спектра, а также существует реальный внутренний спрос на частоты, например частоты 5G, Wi-Fi и т. д., который можно удовлетворить за счет перераспределения спектра. Кроме того, необходимо стимулировать использование полосы 5,85~5,925 ГГц для интеллектуальных транспортных систем (ИТС), поскольку новый спрос невысок, а существующие службы используются недостаточно. Согласно проведенной оценке, диапазон 8 ГГц, отличающийся низким спросом на новые службы и весьма ограниченной возможностью предложения заменяющих полос из-за насыщения существующих служб, по-прежнему используется.

По результатам оценки была внедрена система прогнозирования перераспределения спектра для полос 3,7~4,0 ГГц (включая 3,4~3,42 ГГц)/6 ГГц, в которых, согласно оценке, требуется перераспределения спектра. С помощью системы прогнозирования действующие пользователи, производители устройств и продавцы были проинформированы об административных планах, таких как таблицы распределения спектра и связанные с ними заявки, а также о мерах, предлагаемых пользователям для компенсации потерь, связанных с перераспределением спектра.

РИСУНОК 7

Результаты оценки эффективности использования спектра (2020 г.)



Report SM.2015-07

4 Контрмеры и ожидаемый эффект в соответствии с результатами оценки

В зависимости от результатов оценки регуляторный орган может вносить изменения в свои долгосрочные национальные стратегии использования спектра, а заинтересованные стороны могут заранее разработать контрмеры в отношении полос, которые они используют или собираются использовать. Ожидается, что эта система оценки поможет своевременно обеспечить выделение спектра, должным образом защитить действующих пользователей и способствовать развитию новых направлений деятельности, основанных на использовании спектра.

ТАБЛИЦА 3

**Пример государственной политики и контрмер заинтересованных сторон
в соответствии с оценкой**

	Государственная политика	Контрмеры заинтересованных сторон
Класс I	Повышение эффективности за счет изъятия и перераспределения частот спектра, преобразования технических стандартов и т. д.	Подготовка новой службы, разработка оборудования и т. д.
Класс II	Приостановление действия нового разрешения, уведомление о (возможности) внедрения мер по повышению эффективности, план выполнения мер по повышению эффективности, консультации с заинтересованными сторонами и т. д.	Приостановление новых инвестиций в существующие объекты, перевод абонентов, подготовка к разработке оборудования и т. д.
Класс III	Мониторинг нового спроса и использования радиочастот, освоение спектра	Устойчивое использование
Класс IV	Мониторинг нового спроса и обнаружение частот спектра, содействие повышению эффективности в случае возникновения спроса	Запрос на новые радиочастоты, продвижение новых технологий, внедрение служб и т. д.

Список сокращений

АНР	Analytic hierarchy process	МАИ	Метод анализа иерархий
ARNS	Aeronautical Radio Navigation Service	ВРНС	Воздушная радионавигационная служба
CDMA	Code division multiple access		Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов
FDMA	Frequency division multiple access		Многостанционный доступ с частотным разделением каналов
ITS	Intelligent transportation system	ИТС	Интеллектуальная транспортная система
LSA	Licensed shared access		Лицензированный совместный доступ
MIMO	Multiple-input multiple-output		Многоканальный вход, многоканальный выход
OFDMA	Orthogonal frequency division multiple access		Многостанционный доступ с ортогональным частотным разделением
RFID	Radio Frequency Identification		Радиочастотная идентификация
SRD	Short-range device		Устройство малого радиуса действия
TDMA	Time division multiple access		Многостанционный доступ с временным разделением каналов
UMTS	Universal mobile telecommunications system		Универсальная система подвижной электросвязи