

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 621.371.38

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСВОБОЖДАЕМОГО РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

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

Е. Е. Девяткин, начальник лаборатории ФГУП НИР, к.э.н.; deugene@list.ru

А. Ю. Плосский, научный сотрудник ФГУП НИИР; Aplossky@gmail.com

Рассмотрены подходы к использованию высвобождаемого радиочастотного ресурса (РЧР) и отобраны наиболее подходящие для использования в Российской Федерации. На базе статистических данных о деятельности операторов телевидения и подвижной связи, прогноза развития рынков услуг связи и потенциального проникновения услуг связи к 2015 г. дана оценка экономического эффекта от реализации высвобождаемого РЧР для различных подходов его распределения.

Ключевые слова: радиочастотный спектр, цифровое телевидение, подвижная связь, управление спектром.

Введение. Переход к наземному эфирному цифровому ТВ-вещанию (НЭЦТВ), который должен завершиться в 2015 г. [1], дает беспрецедентную возможность перераспределения высвобождаемого радиочастотного ресурса (РЧР). Высвобождение РЧР станет возможным благодаря тому, что системы НЭЦТВ более эффективно используют радиочастотный спектр (РЧС), чем системы наземного аналогового телевидения. Например, в одном частотном канале 8 МГц, занимающем сейчас одну аналоговую ТВ-программу, можно разместить более 10 ТВ-программ в цифровом формате без потери качества изображения.

Радиочастотный спектр (РЧС) в высвобождаемых полосах 174—230 и 470—862 МГц обладает как более высокими характеристиками распространения сигнала по сравнению с диапазонами, где работает подвижная связь 3-го поколения, так и достаточной пропускной способностью для передачи звуковых и видеоданных, что делает его привлекательным для операторов подвижной связи и ТВ-вещателей. Несмотря на высвобождение существенного объема РЧР, его недостаточно для удовлетворения потребностей всех участников рынка услуг связи. Постоянно возрастающая потребность операторов в частотном ресурсе приводит к необходимости поиска наиболее эффективных подходов к распределению РЧС между различными пользователями.

В статье анализируется международный опыт в этой области и предлагаются возможные варианты распределения высвобождаемого РЧР в Российской Федерации в привязке к отдельным группам регионов, выявленным на основе кластерного анализа. Кроме того, дается количественная оценка потенциального экономического эффекта этих вариантов для государства.

Международный опыт распределения высвобождаемых полос частот при внедрении цифрового ТВ. Анализ между-

Вариант распределения высвобождаемого РЧР	Достоинства	Недостатки
Приоритет телевидения	Возможность развития наземного ТВ, обеспечение населения услугами ТВ, отсутствие проблем с обеспечением ЭМС, низкая потребность в работах по конверсии РЧС	Увеличение капитальных вложений на покрытие услугами подвижной связи в удаленных и сельских районах, несоответствие национальной таблицы распределения радиочастот международной
Приоритет подвижной связи	Стимулирование развития рынка услуг подвижной связи (больше операторов, шире диапазон услуг), снижение капитальных вложений на покрытие услугами подвижной связи в удаленных и сельских районах	Отсутствие развития наземного ТВ, сложности с частотным ресурсом для бесплатных «социальных» мультиплексов, сложности с обеспечением ЭМС систем подвижной связи и ТВ, высокая потребность в работах по конверсии РЧС, несоответствие национальной таблицы распределения радиочастот международной
Вытеснение наземного телевидения	Возможность развития подвижной связи, удешевление капитальных вложений на покрытие услугами связи в удаленных и сельских районах, удовлетворение населения в наибольшей мере услугами подвижной связи	Невозможность развития наземного ТВ, вероятность полного отсутствия доступа к услугам ТВ полностью частью населения, высокая потребность в работах по конверсии РЧС, несоответствие национальной таблицы распределения радиочастот международной
Долевое распределение	Соответствие национальной таблицы распределения радиочастот международной, возможность развития подвижной связи, умеренное удовлетворение потребностей населения в услугах ТВ и подвижной связи	Высокая потребность в работах по конверсии РЧС, не способствует преодолению цифрового неравенства
Региональный вариант	Способствует преодолению цифрового неравенства, максимизация социального эффекта	Высокая потребность в работах по конверсии РЧС, несоответствие национальной таблицы распределения радиочастот международной, возможные сложности с обеспечением ЭМС в приграничных регионах

народного опыта позволил выявить различные варианты распределения РЧР, высвобождаемого от аналогового телевидения.

- **Приоритет телевидения.** Аналоговое ТВ заменяется на цифровое и высвобождаемый РЧР используется для развития ТВ (увеличение количества телепрограмм, разработка и внедрение новых технологий ТВ высокой четкости, 3D-телевидение и др.).

- **Приоритет подвижной связи.** Аналоговое ТВ заменяется на цифровое, а высвобождаемый РЧР используется для подвижной связи стандарта LTE.

- **Вытеснение наземного телевидения.** Аналоговое ТВ не заменяется на цифровое, а переводится в кабельный или спутниковый формат. Высвобождаемый РЧР в полном объеме используется для подвижной связи стандарта LTE.

- **Долевое распределение.** Аналоговое ТВ заменяется на цифровое, а высвобождаемый РЧР делится между НЭЦТВ и LTE на территории государства в разных пропорциях.

- **Региональный вариант.** Аналоговое ТВ заменяется на цифровое, а высвобождаемый РЧР распределяется для НЭЦТВ и LTE в разных пропорциях в каждом отдельно взятом регионе страны.

Первые три варианта представляются радикальными, так как при их реализации весь РЧР распределяется для телевидения или подвижной связи. В результате возникают серьезные ограничения для развития цифрового ТВ (варианты «Приоритет подвижной связи» и «Вытеснение наземного телевидения») или подвижной связи (вариант «Приоритет телевидения»). Более подробно достоинства и недостатки различных вариантов представлены в таблице.

Для Российской Федерации с ее проблемами цифрового неравенства и различным уровнем спроса на услуги связи в регионах целесообразно рассматривать варианты «Долевое распределение» и «Региональный вариант».

Особенности реализации высвобождаемого РЧР на основе варианта «Долевое распределение». Согласно данному подходу, применяемому во многих европейских странах, диапазон 790—862 МГц используется системами подвижной связи. После проведения Всемирной конференции радиосвязи (ВКР) в 2015 г. возможно он будет расширен до 694—862 МГц. Поскольку вероятность применения в России варианта «Долевое распределение» очень велика, то диапазоны могут перераспределяться следующим образом:

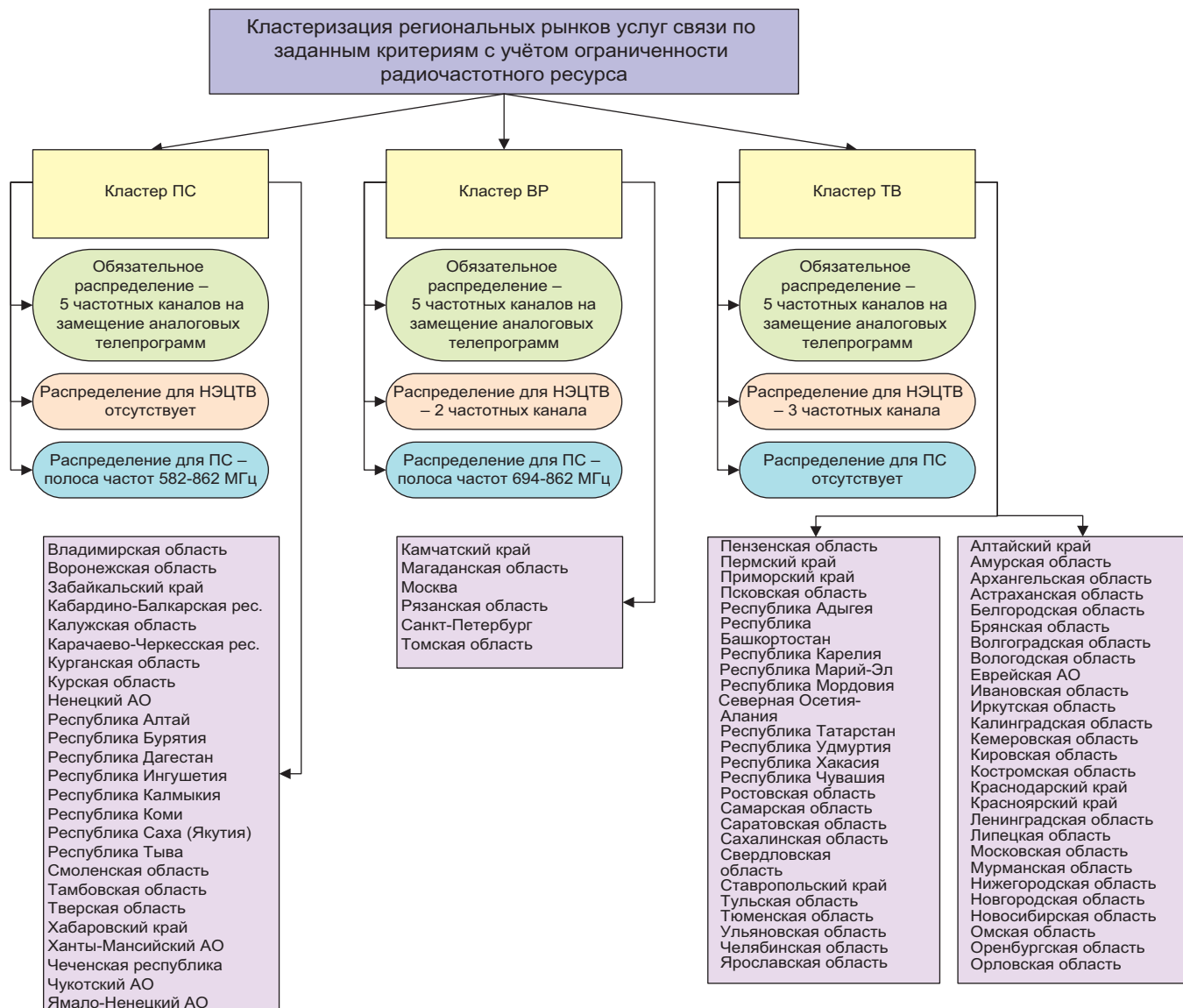


Рис. 1

- 174—230 и 470—694 МГц — для дополнительного развития НЭЦТВ за вычетом частотных каналов, замещающих аналоговое ТВ;

- 694—962 МГц — для использования системами подвижной связи стандарта LTE.

Однако в Российской Федерации с учетом особенностей выделения частотных каналов и ограничений, налагаемых условиями совместного использования рассматриваемых диапазонов радиоэлектронными средствами гражданского и правительственного назначения [2], высвобождаемого РЧР (даже при проведении работ по конверсии в масштабах всей страны) может хватить только для замещения аналогового ТВ цифровым форматом и для систем подвижной связи.

Особенности реализации высвобождаемого РЧР на основе «регионального варианта». Суть данного подхода заключается в том, что долевое распределение ресурса осуществляется не в масштабах страны в целом, а в каждом субъекте РФ (регионе) отдельно. Это создает определенные сложности с приграничной координацией, однако позволяет более детально отразить потребности региональных рынков связи в услугах НЭЦТВ и подвижной связи. Наиболее важным эффектом от реализации высвобождаемых полос частот РЧС в соответствии с данным вариантом должно быть предусмотренное Государственной программой «Информационное общество» преодоление регионального цифрового неравенства, т.е. устранение существенной разницы в обеспеченности услугами связи населения в разных регионах страны.

Неравномерность показателей развития связи и их несвязность между собой по регионам обуславливают целесообразность решения задачи на региональном уровне.

Применение кластерного анализа для реализации «регионального варианта» распределения высвобождаемого РЧР. Как уже было сказано, суть регионального варианта состоит в распределении высвобождаемого РЧР конкретно для каждого региона РФ, однако принимать такое решение для 83 субъектов РФ — задача крайне трудоемкая. Для ее упрощения предлагается использовать кластерный анализ, в частности, итеративный метод кластеризации наблюдений К-средних [3], позволяющий сгруппировать регионы РФ в крупные группы — кластеры на основе анализа значений заданных критериев кластеризации.

В качестве критериев группировки регионов в кластеры приняты уровни потребности в услугах подвижной связи 3G и цифрового телевидения (кабельного, спутникового и IPTV), определяемые показателями проникновения услуг и измеряемые в процентах, а также уровень платежеспособности пользователей, определяемый объемом потребляемых населением услуг в денежном выражении. Для оценки использованы прогнозные значения показателей на региональных рынках в 2015 г.

На рис.1 представлены результаты кластеризации по принятым критериям и выявленным кластерам, полученные с использованием прикладной программы STATSFIT STATISTICA. Их можно охарактеризовать как кластеры: высокого развития (ВР), телевидения (ТВ), подвижной связи (ПС) [4, 5].

Бюджетный эффект от применения предлагаемых вариантов распределения высвобождаемого РЧР. Наиболее важным показателем экономического эффекта, в том числе бюджетного, является чистый дисконтированный доход (ЧДД), характеризующий превышение суммарных денеж-

ных поступлений над суммарными затратами и рассчитываемый по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=1}^m \frac{S_i}{(1+E)^i},$$

где S_i — разность денежных притоков и оттоков в i -м году; i — порядковый номер текущего интервала расчета (в данном случае — 1год), $i = 1 \dots m$; E — норма дисконта (норматив, определяющий минимально-допустимую доходность вкладываемых средств).

Для расчета бюджетного эффекта от распределения РЧР с применением кластерного анализа приняты следующие условия и допущения:

- источниками доходов государства от реализации высвобождаемого РЧР являются налоговые поступления от операторов связи и плата за спектр;

- затратами государства на реализацию высвобождаемого РЧР служат затраты на его перераспределение, а именно: на обеспечение ЭМС, радиоконтроль, отключение аналоговых средств ТВ-вещания, вывод радиоэлектронных средств (РЭС) правительственного назначения из части рассматриваемых диапазонов частот и т.д.;

- доходы операторов связи от реализации высвобождаемого РЧР определены на базе экстраполяции данных о деятельности операторов «Большой тройки» и операторов платного ТВ, опубликованных в открытых источниках [6, 7, 8] с учетом потенциальной абонентской базы и доли доходов операторов от непосредственного использования высвобождаемых полос частот;

- в качестве потенциальной абонентской базы дополнительного к замещающим программам платного цифрового наземного телевидения рассматривались абоненты, которые к 2015 г. не будут использовать альтернативные виды телевидения (кабельное, спутниковое или IPTV);

- в качестве потенциальной абонентской базы подвижной связи стандарта LTE рассматривались абоненты, которые к 2015 г. не смогут использовать подвижную связь 3G, а также некоторая доля абонентов, мигрирующих в LTE из 3G путем покупки терминала, поддерживающего новую технологию;

- в качестве доходов от распределения высвобождаемого РЧР для нужд платного ТВ рассматривались лишь доходы от просмотра абонентами ТВ высокой четкости и более современных стандартов телевидения (UHDTV, 3DTV и т.д.);

- в качестве доходов от распределения высвобождаемого РЧР для LTE рассматривалась доля доходов от дополнительных услуг связи (VAS), поскольку для традиционных видов подвижной связи (голосовая связь и передача текстовых сообщений) технология LTE не нужна.



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

На рис. 2—5 представлены значения ЧДД (бюджетно-го эффекта) за период с 2015 по 2024 г.г. при реализации регионального и долевого вариантов распределения высвобождаемого РЧР. Результаты расчета свидетельствуют, что распределение высвобождаемого РЧР на основе реги-

онального подхода позволит полностью окупить затраты бюджета на перераспределение РЧР рассматриваемых диапазонов во всех субъектах РФ (кривая ЧДД пересекает нулевую отметку, что свидетельствует о превышении доходов над расходами на заданном временном участке) и получить к 2024 г. общую прибыль порядка 850 млн рублей, тогда как при долевым варианте срок окупаемости не будет достигнут даже к 2024 г.

Заключение. Проведенная авторами группировка регионов по критериям кластеризации и оценка бюджетного эффекта от реализации разных вариантов распределения высвобождаемых полос РЧС при внедрении НЭЦТВ показали, что региональный вариант предпочтительнее долевого. Кроме того, региональный подход позволит выполнить не только задачу рационального распределения частотного ресурса, но и максимизировать социально-экономический эффект от высвобождаемого РЧР, т.е. в определенной степени ликвидировать информационное неравенство, что является одной из важнейших государственных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 3 декабря 2009 г. № 985 «О федеральной целевой программе «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009—2015 годы» (с изменениями и дополнениями) // <http://base.garant.ru/6731125/>
2. Володина Е. Е., Плосский А. Ю. Техничко-экономические аспекты реализации цифрового дивиденда в Российской Федерации / Труды 9-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии.— Спб., 2011.
3. Мандель И. Д. Кластерный анализ.— М.: Финансы и статистика, 1988.
4. Плосский А. Ю. Разработка принципов рационального распределения высвобождаемых полос радиочастотного спектра при внедрении цифрового телевидения в Российской Федерации / Труды 32-й конференции РАЕН «Мобильный бизнес: перспективы развития и проблемы реализации систем мобильной связи в России и за рубежом».— Доминиканская республика, 2012.
5. Володина Е. Е., Плосский А. Ю. Обоснование критериев кластерного анализа и результаты его применения при распределении высвобождаемых полос радиочастотного спектра по регионам РФ / Труды 33-й конференции РАЕН «Мобильный бизнес: перспективы развития и проблемы реализации систем мобильной связи в России и за рубежом».— Индонезия, 2013.
6. Финансовые результаты деятельности ОАО МТС // <http://www.company.mts.ru/press-centre/presentations/>
7. Годовой отчет ОАО «ВымпелКом» за 2012 год // <http://about.beeline.ru/documents/reports.wbp>
8. Годовой отчет ОАО «МераФон» за 2012 год. // http://msk.corp.megafon.ru/investors/shareholder/year_report/

Получено 12.08.13

Не забудьте подписаться на журнал «Электросвязь»



• во всех почтовых отделениях по каталогам:

«Агентство «Роспечать», индекс – 71107; «Пресса России», индекс – 41411; «Почта России», индекс – 61854;

• через альтернативные агентства:

«Урал-Пресс» – www.ural-press.ru

• в редакции журнала «Электросвязь»

тел. (495) 625-84-36, e-mail: tim@elsv.ru www.elsv.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ МОБИЛЬНОГО БИЗНЕСА

Итоги конференции

Очередная 34-я Международная конференция «**Мобильный бизнес: перспективы и проблемы развития в России и за рубежом**», организованная региональным отделением РАЕН «Экономика и качество систем связи», общественным научно-техническим советом по проблемам развития подвижной радиосвязи и ЗАО «НИРИТ» при участии специалистов ведущих компаний и институтов отрасли, прошла в ноябре 2013 г. в г. Мaspаломас (Испания).

В конференции приняли участие представители отделения РАЕН «Экономика и качество систем связи», ЗАО «Национальный институт радио и инфокоммуникационных технологий», ЗАО «НИРИТ-СИНВЭЙ ТЕЛЕКОМ ТЕХНОЛОДЖИ», ЗАО «Национальное радиотехническое бюро», ЗАО «Институт сотовой связи», ООО «МЕГАТОН-Р», ЗАО «Техэнергосвязь», ООО «ФлайСвязь-Контакт», МТУСИ и др.

Работа конференции проходила в четырех секциях: «Вопросы создания и функционирования перспективных технологий подвижной радиосвязи»; «Метрология, стандартизация и измерения в инфокоммуникациях»; «Регуляторные и экономические аспекты создания и развития систем подвижной радиосвязи и телерадиовещания»; «Подготовка специалистов инфокоммуникаций в рамках программ повышения квалификации».

На открытии конференции с приветственным словом выступил сопредседатель правления отделения РАЕН «Экономика и качество систем связи», академик РАЕН, д.т.н., профессор **О.А. Шорин**. Он указал на перспективы развития инфокоммуникационных технологий в свете проводимых реформ, направленных на либерализацию регулирования отраслевым рынком.

Основная часть докладов была посвящена вопросам перспективного развития и проблемам внедрения на российском рынке технологии McWiLL. Главный инженер ЗАО «НИРИТ», к.т.н. **В.Н. Акимов** рассказал о преимуществах применения технологии McWiLL для создания современной системы связи на железнодорожном транспорте. К таким преимуществам относятся: эффективная интеграция речи, данных и видеослужб; широкая полоса частот; большая емкость; большое число соединений; поддержка двусторонней связи;

высокая надежность; низкая стоимость доступа и др.

Пути повышения технико-экономических характеристик сетей связи стандарта NG-1 (McWill) с помощью антенн новых типов были предложены техническим директором ЗАО «НРТБ», к.т.н. **В.Г. Калугиным**. С учетом принципиальных различий в использовании антенной техники для диапазонов 300/400 и 1800 МГц разработаны антенны, обеспечивающие круговую поляризацию, расширяющие сферу применения и существенно повышающие технико-экономическую эффективность сети. Кстати, упрощение конструкции и уменьшение габаритов снижают финансовые затраты при развертывании сетей.

Наряду с практическими проблемами применения стандарта McWiLL на конференции рассматривались результаты теоретических исследований. В частности, **О.А. Шорин** доложил о результатах научных исследований, проведенных совместно с аспирантом **Р.С. Токарем**, по разработке алгоритма синтеза оптимальной сети мобильного радиодоступа McWill. Использование теории монотонных систем позволило создать автоматизированный алгоритм синтеза сети радиодоступа McWiLL, позволяющий за конечное время определить оптимальное количество БС и места их размещения.

Ряд докладов был посвящен актуальным вопросам развития сетей LTE в Российской Федерации. В частности, **В.Г. Калугин** представил результаты исследований и инновационные предложения по совместному использованию РЧС сетями LTE и другими РЭС. Оценка и объективная проверка возможного объема РЧС для высвобождения или совместного использования РЭС осуществляются не только на основе уникального ПО, обеспечивающего многомерные исследования помехозащищенности РЭС рецептов помех и характеристик РЭС перспективных радиотехнологий, но и на базе разработанных специалистами ЗАО «НРТБ» методики и программы проведения натурных испытаний РЭС. Практической реализацией предложенных стало высвобождение полос радиочастот 791–862 МГц в зоне проведения Олимпийских Игр-2014 и появление свободного частотного ресурса 2×25 МГц.

Предложения по определению условий совместной работы РЭС стандарта

LTE и РЭС радионавигации в полосе 791–821 МГц, а также сценарий распределения частотного ресурса между операторами Ростелеком, МТС, МегаФон и ВымпелКом в результате проведения предлагаемых организационно-технических мероприятий были рассмотрены в докладе специалиста ЗАО «НРТБ» **О.И. Павлова**.

О способах прогнозирования параметров сети LTE для определения координационных зон и оценки электромагнитной обстановки на территории РФ рассказал директор департамента информационных технологий ЗАО «НРТБ» **Ю.В. Тваровский**.

На конференции также обсуждались международные тенденции регулирования рынка инфокоммуникационных услуг на базе экономических методов. Член корреспондент РАЕН, профессор кафедры экономики связи МТУСИ, к.э.н. **Е.Е. Володина** представила результаты анализа проведения аукционов в сфере распределения РЧС за рубежом с целью их использования при совершенствовании нормативно-правовых актов, обеспечивающих проведение торгов в форме аукционов в РФ. Кроме того, был рассмотрен международный опыт определения начальной цены предмета аукциона. Анализ показал, что условия проведения аукционов в РФ должны разрабатываться с учетом особенностей использования различных диапазонов частот, выставляемых на торги, существующего спроса на частоты при наличии консультационного периода, в который проводится обсуждение условий с заинтересованными операторами связи.

Об опыте и программе повышения квалификации специалистов отрасли ИКТ в рамках Института повышения квалификации и второго высшего образования МТУСИ доложил заместитель директора ИПК МТУСИ, к.т.н. **М.С. Лохвицкий**.

В ходе конференции было проведено очередное заседание Регионального отделения РАЕН «Экономика и качество систем связи», на котором члены правления выразили уверенность в необходимости скорейшей реализации инновационных предложений и проектов, пожелали успеха их авторам и приняли итоговое решение о продолжении совместной научно-практической деятельности.