

1. Теоретическое обоснование метода оценивания эффективности радиобмена корреспондентов морской подвижной службы при ограниченном ресурсе рабочих частот.

1.1. Обоснование категории ценности частотного ресурса, введением для данной категории соответствующих функционалов

Методы оценки качества радиосвязи, возникшие как специальный раздел электроизмерений [1], постепенно модернизировались в самостоятельное направление статистических исследований в рамках теории связи, теории сложных систем и развивающейся теории информации. Эта модернизация затронула без исключения все методики, направленные на оценивание эффективности операций и функций, обеспечивающих циркуляцию сообщений между адресатами. Например, в настоящее время для оценки эффективности служебного радиобмена частотно-адаптивной радиолинии необходимо привлечение системного подхода, учитывающего взаимодействие между отдельными частями большой системы, влияние окружающей среды, а также воздействие других систем, с которыми контролируемая радиолиния контактирует. Поэтому вполне закономерно, что современная методология оценки эффективности радиосвязи неотделима от процесса совершенствования средств и систем связи.

Функционирование любой большой системы связано с процессами управления и адаптации, что применительно к оценке эффективности работы радиосвязи требует поиска функционала, зависящего как от совокупности частных показателей, так и от относительной важности отдельных характеристик. Числовое выражение этого функционала является глобальным показателем качества; им пользуются при определении наилучших вариантов построения системы связи, оперируя при сравнении с экстремальными или пороговыми оценками качества [2].

Однако, глобальный показатель качества системы радиосвязи, применяемый для её оптимизации, малопригоден для поиска компромиссного решения в ходе конфликта, возникающего между антагонистическими радиосистемами равнозначными по энергетическим и другим частным показателям.

В настоящее время именно такая конфликтная ситуация складывается в эфире при функционировании современных радио- и радиотехнических систем. Неизбежность возникновения радиоэлектронного конфликта между ними обусловлена нарастанием дефицита рабочих частот электромагнитного спектра.

Растущая теснота в эфире - общепризнанный негативный фактор, сопровождающий развитие беспроводных технологий. Дефицит частотного ресурса вызывает обострение проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) различного назначения и различной ведомственной принадлежности. Это вынуждает искать технические решения, направленные на освоение новых, ещё не доступных к эксплуатации участков радиочастотного спектра. Однако на этом пути имеется серьёзное препятствие в виде физической ограниченности диапазона радиоволн и отсутствие принципиальных ограничений на число потребителей частотного ресурса. Объективным следствием обозначенного противоречия является возникновение взаимных помех, создаваемых техническими средствами, функционирующими на общих рабочих частотах электромагнитного спектра.

Таким образом, в настоящее время, возникла острая потребность в методах, позволяющих диагностировать результаты конфликтного функционирования автоматизированных радиосистем и оценивать эффективность связи в условиях принципиально новых ограничений. В свою очередь, построение модернизированного глобального показателя качества нуждается в обосновании шкалы важности частных характеристик связи, формализованном учёте их субъективной относительности и должно

опираться на такие фундаментальные категории как дефицит и ценность. В интересах теоретического обоснования перспективных методов оценки качества связи формулируется аксиоматика ценности частотного ресурса при возникновении радиоэлектронного конфликта в спектре электромагнитных волн. При этом сам конфликт следует рассматривать как ситуацию, в которой не обеспечивается ЭМС, а служебный радиообмен как способ достижения искомого компромисса между корреспондентами.

Широта концепции ценности [3; 4] и многообразие радиоэлектронных конфликтов [5; 6] не позволяют разработать исчерпывающую аксиоматическую схему методологии оценки эффективности связи [7]. Поэтому ниже представлена аксиоматика ценности в приложении к борьбе радиоэлектронных систем за дефицитный ресурс [8].

I. Существует ансамбль независимых, свободных пользователей (ПО).

Первоначально не рассматриваются те или иные типы структурированности ансамбля ПО (в качестве ПО следует подразумевать радиоэлектронные средства – РЭС). Это означает, что, по крайней мере, на этом уровне отсутствуют коалиции, кластеры ПО, а также выделение привилегированных ПО по какому-либо признаку, нет "своих" и "чужих". Но у каждого ПО имеется важное свойство, которое позволяет сформировать единый ансамбль: все ПО жизненно нуждаются в потреблении некоторого ресурса.

II. Наличествует некий многокомпонентный, многопродуктовый ресурс $R(\omega)$ с ограниченной емкостью - $\alpha(R(\omega)) < \infty$ (где ω - вектор параметров ресурса).

Между аксиомами I и II необходимо установить некоторое операторное соответствие:

Системный подход предполагает выделение простейшей, но универсальной функции. В случае если системный подход применяется к анализу радиотехнических систем, то эта функция должна присутствовать в каждом радиоизлучении, будь то сеанс связи, излучение радиолокационной станции или появление радиосигнала от любого другого РЭС или радиотехнического устройства. По нашему мнению такой функцией в практике применения радиоэлектронных средств является акт присвоения пользователем рабочей частоты $\omega^* \in \{\omega_i\} \in \Delta\Omega_i \subset R(\omega)$, только после этого присвоения в эфире появится радиосигнал, обладающий опознавательными, информационными, служебными параметрами и являющийся материальной основой формирования информационного трафика. Именно этот информационный трафик как раз и не рассматривается в предлагаемой аксиоматике ценности. Необходимо акцентировать внимание на потоке однородных событий, состоящем только из моментов присвоения рабочих частот для последующей эксплуатации (в соответствии с основным предназначением РЭС).

III. Для каждого ПО вводится оператор эксплуатации $\hat{L}_{\text{exp}}(\Delta R \in R/\text{ПО})$. Оператор устанавливает соответствие между множеством ПО и ресурсом:

$$\hat{L}_{\text{exp}}(\Delta R \in R/\text{ПО}) \times R(\omega_k) \Rightarrow \Delta R(\omega_k/\text{ПО}); \hat{L}_{\text{exp}} - \text{наделен условной логикой.}$$

Семантика этого оператора эксплуатации эквивалентна присвоению части ресурса ΔR конкретным ПО_i, что соответствует универсальной процедуре установления собственности над ресурсом.

Формально данное выражение является оператором проектирования, который обладает идемпотентным свойством:

$$\hat{L} : \{\omega_i\} \Rightarrow \omega^*; \hat{L} : (\hat{L} : \{\omega_i\}) \Rightarrow \hat{L} : (\omega^*) \Rightarrow \omega^* \text{ т.е., } \hat{L} : \hat{L} = E - \text{единичный}$$

тождественный оператор. Свойство идемпотентности оператора присвоения указывает на то, что он является обобщением операторов проектирования, не обязательно ортогональных. Подобное свойство оператора \hat{L} : позволяет его отнести к фундаментальным операторам. Присвоение частоты - это аналог провозглашения ω -собственности. Оно является скрытым, затравочным элементом всякого конфликта между

свободными и равными по статусу потребителями, которые независимо, но совместно эксплуатируют-потребляют $R(\omega)$.

Таким образом, в основе любого $\hat{L}_{\text{exp}}(\Delta R \in R/ПО)$ лежит универсальная процедура установления собственности над долей ресурса конкретным ПО – как минимальная норма эксплуатации ресурса.

IV. Характеристика интенсивности эксплуатации ΔR конкретным ПО_i, определяется эксплуатационной ценностью $C(\Delta R/ПО_i)$ соответствующей доли ресурса.

Эта аксиома характеризует категорию ценности ресурса, материала, сырья не через стоимость затрат на его получение или воспроизведение, а рассматривает ценность ресурса через процесс его потребления. Следовательно $C(\Delta R/ПО_i)$ тем выше, чем чаще обращается данный ПО_i к соответствующей, необходимой ему доле ресурса. С другой стороны – продолжительность эксплуатации ΔR также указывает на его ценность для ПО_i. Поэтому **функционал ценности** в т.ч. и специфического ресурса - спектра электромагнитных волн - должен зависеть от двух распределений – вероятностного и временного [9].

Интенсивность эксплуатации тесно связана с объемом ресурса и его дефицитностью. Поскольку именно дефицит провоцирует те или иные формы конфронтации, вплоть до самой жесткой формы – войны, важно установить, как соотносятся между собой категории ценности и дефицита.

С позиции аксиомы IV рассмотрим процесс привлечения или использования группой потребителей какого-либо общего, жизненно необходимого им ресурса. Предположим, что объем ресурса будет в достатке или даже в избытке, т.е. общая потребность в нем не превосходит производительную способность средств генерации, восстановления ресурса. Очевидно, что такая ситуация вполне благоприятная для функционирования потребителей, следовательно нет дефицита ни в какой форме, даже при учете многопродуктивности ресурса, а вот ценность этого ресурса, в предлагаемой интерпретации, по отношению к любому пользователю остается. Она измеряется длительностью пользования этим общим ресурсом и вероятностью обращения к нему любых пользователей из $\{ПО\}$, в том числе и пассивных средств радиоэлектронного наблюдения и даже таких узкоспециализированных и деструктивных, какими являются средства радиоэлектронного подавления (впрочем, можно привести примеры конструктивного, созидательного применения средств РЭП [10]).

Поскольку спектр электромагнитных волн в радиотехнике используется постоянно и он нужен всем радиоэлектронным средствам, любого типа, любого назначения, любой ведомственной принадлежности, то такой ресурс бесценен, но не дефицитен до определенного момента. Как только появятся ограничения на объем ресурса (ёмкость того или иного поддиапазона электромагнитного спектра) или будут нарушены принципы согласования потребностей в ресурсе и возможностей по его генерации, сразу возникнут дефициты различной остроты. Реакция на любой дефицит всегда принимает те или иные виды конфликта, борьбы, вплоть до войны, как самой жесткой формы конфронтации. Тем самым категория ценности эксплуатации частотного ресурса $\{ПО\}$ является более фундаментальной, чем дефицит. Поэтому при синтезе любой радиотехнической системы именно категория ценности входит в её ядро.

V. Каждый ПО наделяется универсальным имманентным свойством: постоянным стремлением к увеличению ценности $C(\Delta R/ПО_i)$ эксплуатации ΔR .

Вследствие этого первичного "эгоистического" свойства любого ПО в реализации собственности возникает столкновение виртуальных интересов ПО. Столкновение этих интересов, запросов является источником различных форм конфронтации. Борьба в этом случае будет вестись за реализацию своих степеней свободы при эксплуатации ресурса.

Можно высказать следующий аккумулирующий тезис: "Борьба как форма существования ценности..."[9].

VI. Для повышения эффективности борьбы, увеличения ее к.п.д. требуется самоорганизация разрозненных средств конфликтующих сторон, которая приводит к возникновению целевых интегрированных структур дуальной, сопряженной семантики.

Одна из этих структур обязана поставлять информацию о состоянии среды на данный момент конфронтации, а также делать локальные прогнозы возможных сценариев развития событий. В случае радиоэлектронного конфликта - это организации, учреждения или подразделения радиоэлектронного наблюдения, технические средства радиоконтроля, и силы осуществляющее мониторинг электромагнитной обстановки, разработку нормативно-правовых актов, регламентирующих поведение РЭС (хозяйствующих субъектов).

В случае радиоэлектронной борьбы (конфронтации антагонистических сторон) - это радиоэлектронная разведка, её силы и средства, а также аналитический центр со своими руководящими документами.

С другой стороны, в кластерных подмножествах ПО возникает структура антиподной семантики – система жизнеобеспечения, жизнестойкости кластера. Это - система безопасности для разных уровней, обеспечивающая электромагнитную совместимость РЭС, вынужденных функционировать совместно в отведенных поддиапазонах спектра электромагнитных волн, не смотря на то, что они имеют различное назначение и, может быть, даже принадлежат различным ведомствам.

Важнейшим условием безопасного функционирования системы, состоящей из типовых РЭС, является обеспечения электромагнитной совместимости РЭС в реальной электромагнитной обстановке. А это возможно при достижении компромисса: необходимо допустить определенную степень влияния электромагнитных помех на процесс приема радиосигналов, но и электромагнитные помехи, создаваемые «дружественными» источниками, не должны превышать некоторого уровня. Наличие компромисса, в свою очередь, позволяет составить уравнение баланса между многообразием помех и избыточностью сигнала.

Таким образом, предложенные аксиомы позволяют:

1. Дифференцировать мероприятия, обеспечивающие электромагнитную совместимость, по остроте конфронтации на задачи регулируемых конфликтов и задачи антагонистической борьбы.

2. Указать на прагматику современных радиоэлектронных конфликтов, заключающуюся в стремлении потребителей (РЭС) увеличить для себя ценность рабочих частот электромагнитного спектра.

3. Синтезировать показатели качества конфликтного функционирования радиоэлектронных систем, в условиях принципиально новых ограничений, обусловленных дефицитом ценных рабочих частот.