

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый заместитель генерального директора  
Федерального государственного унитарного  
предприятия «Научно-исследовательский  
институт радио», кандидат технических наук

М.Ю.Сподобаев

2018 г.



## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ведущей организации – Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт радио» (ФГУП НИИР) – на диссертационную работу Вавурова Олега Юрьевича на тему: «Информационная модель комплекса средств воздушной радионавигационной службы и её использование для координации с современными системами мобильной связи», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.25.05 – Информационные системы и процессы

### Актуальность темы диссертационного исследования

Общие требования статей Регламента радиосвязи (РР) в части распределения радиочастотного ресурса между различными службами электросвязи не всегда позволяют однозначно определить линию поведения Администраций связи сопредельных государств при угрозе возникновения критического помехового сценария между подконтрольными им радиоэлектронными средствами или группами средств.

Одним из приоритетных направлений деятельности Администрации связи Российской Федерации является защита критически важных станций радиосвязи, какими и являются станции воздушной радионавигационной службы (ВРНС), от внешнего непреднамеренного помехового воздействия, превышающего допустимые нормы. При этом позиция Администрации связи Российской Федерации при участии её делегации в международных переговорах по вопросам регулирования использования радиочастотного ресурсах в целях обеспечения электромагнитной совместимости затронутых служб требует глубокого научно-технического обоснования. Вместе с тем, учитывая наблюдаемые на сегодняшний день темпы роста и востребованность услуг беспроводной передачи данных, а также множественное перекрытие частотных диапазонов, распределённых в РР для сухопутной подвижной службы (СПС) и ВРНС на первичной основе, можно заключить, что станции СПС действительно несут угрозу постановки критических помех для станций ВРНС РФ, расположенных в приграничных регионах страны.

Вопрос обеспечения помеховой защищённости отечественных станций ВРНС, являющихся критически важными элементами транспортной инфраструктуры страны, в приграничном регионе требует комплексного, обоснованного подхода с привлечением всех затронутых сторон.

Таким образом, учитывая, что в настоящее время методически и алгоритмически процедуры координации станций СПС и ВРНС, подведомственных различным Администрациям связи, достаточно слабо обеспечены, тема, выбранная Вавуловым О. Ю. для проведения диссертационного исследования, является актуальной.

## **Структура диссертационной работы**

Работа изложена на 169 страницах текста и состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений и списка литературы. Стиль изложения научно-доказательный.

В первой главе рассмотрены особенности совместного использования станций ВРНС и СПС, расчетами для реалистичного примера дуэльной ситуации подтверждена возможность деструктивного помехового воздействия на средства ВРНС. Предложена методика расчёта значения напряжённости поля суммарной помехи в месте размещения станции ВРНС, создаваемой РЭС сетей мобильной связи, в случаях реализации различных помеховых сценариев. Осуществлена постановка задачи исследования. Определена предметная область отношений.

Во второй главе предложена методика достижения соглашения между сопредельными государствами по совместному использованию ВРНС и СПС в приграничных регионах на основе метода анализа иерархий. Выбрана информационная мера для задания целевой области, успешно проведена проверка её пригодности по критериям, предложенным автором работы в первой главе. Проведён детальный анализ сферы отношений КС ВРНС. В виде системы дифференциальных уравнений описана динамика состояния системы и характерные для систем такого типа направления ресурсного обмена. Проведена формализация задачи исследования в терминах задачи оптимального управления в понтрягинской форме.

В третьей главе разработан алгоритм решения задачи оптимального управления техническим комплексом ВРНС в информационном пространстве, основанном на энтропии покрытия. Решена задача корректного перехода к дискретному времени при описании непрерывных процессов ресурсно-показательной конверсии в системе управления КС ВРНС. Предложен байесовский подход к решению задачи оптимальной оценки вектора объективных показателей системы управления в реальных условиях функционирования. Разработана итоговая методика оптимизации информационного ресурса ВРНС в ходе процесса реального управления, обобщающая полученные результаты.

В четвертой главе произведено компьютерное моделирование типового применения методики оптимизации информационного ресурса ВРНС для

конкретных количественных параметров отношений и начальных условий. Разработан сопутствующий перечень методических рекомендаций по оптимизации информационного ресурса ВРНС в реальных условиях функционирования. Предложен алгоритм информационной оценки деструктивного помехового воздействия на технический комплекс ВРНС со стороны глобальной сети мобильной связи. Представлены результаты информационной оценки соблюдения норм, установленных Соглашением, для одной из реальных сетей мобильной связи, развёрнутой на территории сопредельного государства в непосредственной близости от границы Российской Федерации. Предложен алгоритм координации единичной станции СПС с КС ВРНС, разработанный на основе методики определения поля суммарной помехи, создаваемой в местах размещения уязвимых станций ВРНС. Вместе с тем предложен алгоритм потоковой обработки запросов на координацию с КС ВРНС единичных частотных присвоений для БС СПС с модулем предварительного анализа параметров БС по информационным критериям на основе информационной метрики – энтропии покрытия.

В диссертации приведены все необходимые ссылки на авторов и источники заимствования, в том числе на научные работы соискателя. Признаков плагиата и недобросовестного цитирования не обнаружено. Тема и содержание диссертации соответствуют областям исследования научной специальности 05.25.05 - «Информационные системы и процессы» в части пунктов 1 и 5 паспорта специальности.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, включает постановку задач, решаемых в диссертации, основные результаты и выводы, а также описание логических выводов, составляющих основу доказательной базы диссертации. Приведенные в автореферате ссылки на печатные работы автора корректны.

## **Научная новизна диссертационной работы**

1. Разработанная методика достижения соглашения между Администрациями связи сопредельных государств по совместному использованию станций СПС и ВРНС в определённом частотном диапазоне позволяет добиться компромисса по требуемым значениям характеристик станций для обеих рассматриваемых служб электросвязи.

2. Предложенная методика оптимизации информационного ресурса КС ВРНС позволяет осуществлять эффективное управление состоянием КС ВРНС в предметной области условиях реальной эксплуатации, а также прогнозирование возникновения конфликтных ситуаций.

3. Представленный алгоритм принятия решения по координации единичных средств СПС с конкретным КС ВРНС на основе информационных критериев позволяет оптимизировать работу Администрации связи по обработке запросов на координацию.

4. Комплексная информационная оценка результатов координации КС ВРНС Российской Федерации с реально функционирующей сетью станций мобильной связи на территории сопредельного государства позволила сформулировать четкие количественные критерии компромисса по уровню энтропии покрытия.

## **Теоретическая значимость диссертационной работы**

Предложенный автором подход позволил выявить существующие закономерности функционирования КС ВРНС при взаимодействии со всеми ключевыми элементами сферы отношений во всей полноте факторов, оказывающих непосредственное влияние на помеховую безопасность КС ВРНС; формализовать эти отношения в виде конкретных математических условий и ограничений; решить при имеющихся ограничениях оптимизационную задачу в информационном пространстве, основанном на энтропии покрытия; по полученным результатам разработать конкретные

алгоритмы организационно-технических мероприятий, доступных широкому кругу пользователей.

### **Научная и практическая значимость результатов диссертационного исследования.**

Значимость полученных результатов для научно-технического и методического обеспечения деятельности Администрации связи Российской Федерации заключается в следующих аспектах и достоинствах проведённого диссертационного исследования:

- а) построенная математическая модель состояния КС ВРНС в условиях деструктивного помехового воздействия со стороны сетей мобильной связи позволяет абстрагироваться от конкретных значений физических характеристик системы, определяющих состояние КС ВРНС, а также стохастического характера динамики по каждому параметру;
- б) результаты моделирования динамики состояния взаимодействующих элементов из сферы отношений КС ВРНС в графическом представлении обладают высокой степенью интерпретируемости и позволяют обоснованно прогнозировать конфликтные состояния системы в будущем и проводить выработку соответствующих контрмер;
- г) разработанная методика достижения соглашения между Администрациями связи сопредельных государств представляет собой гибкий инструмент принятия решений и позволяет обеспечить не только математическую строгость и обоснованность результатов переговоров, но и оптимизировать сам процесс проведения заседаний, опроса экспертов, обработки первичных результатов;
- д) предлагаемая методика оптимизации информационного ресурса КС ВРНС рассчитана на применение в реальных условиях эксплуатации КС ВРНС и как программный комплекс поддержки экспертных систем может быть безболезненно интегрирована в существующие циклы

информационного обмена между системами мониторинга и управления для повышения эффективности реализуемых управляющих воздействий;

е) для организационной поддержки предложенной методики оптимизации в исследовании разработаны алгоритм проведения периодической комплексной оценки состояния КС ВРНС в условиях помехового воздействия со стороны конкретной сети мобильной связи в целях корректировки прогнозов модели;

ж) разработаны алгоритмы обработки запросов на координацию новых частотных присвоений для единичных станций СПС, находящихся в зоне постановки потенциально опасных помех, определённой соглашением между Администрациями связи, в целях поддержки своевременной реализации управляющих воздействий;

з) предложенные выше алгоритмы органично встроены в математическую концепцию информационной модели КС ВРНС и основаны на понятии энтропии покрытия; тем не менее они ориентированы на широкий круг пользователей и не требуют от оператора глубоких знаний по математическим методам оптимизации и другим сферам научного знания, задействованным при построении модели;

и) полученные результаты комплексной информационной оценки реальных данных по значениям параметров станций СПС однозначно отражают адекватность выбранного подхода к количественному анализу помехового влияния и дают конкретный пример глубокого научно-технического обоснования позиции Администрации связи Российской Федерации при решении международных вопросов в сфере электромагнитной совместимости средств радиосвязи;

к) с помощью комплексной информационной оценки состояния КС ВРНС экспертная группа Администрации связи имеет возможность решать не только тактические задачи обеспечения помеховой безопасности станций «здесь и сейчас», но также и осуществлять контроль над характеристиками станций СПС с учётом стратегических задач ВРНС в данном регионе:

внедрение новых станций, переоборудование и демонтаж эксплуатируемых технических комплексов и т. п.

Практическая значимость диссертационного исследования Бавулова О. Ю. заключается в том, что приведённые теоретические выводы, методические рекомендации и практические результаты направлены на совершенствование научно-технических основ межгосударственного сотрудничества Администраций связи сопредельных государств в части обеспечения электромагнитной совместимости средств радиосвязи применяемых совместно в приграничном регионе.

Научные и практические результаты, полученные соискателем в процессе выполнения работы использованы при разработке отчётных аналитических материалов по итогам работы делегации Администрации связи Российской Федерации по заключению соответствующих соглашений с Администрациями связи сопредельных государств по совместному использованию частотных диапазонов, несущих потенциальную возможность возникновения критического помехового сценария для отечественных средств ВРНС.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов**

В качестве рекомендаций по дальнейшему применению результатов исследования можно отметить следующее: полученные научные результаты целесообразно использовать для научно-технического и методического обеспечения деятельности делегации Администрации связи Российской Федерации при проведении переговоров и заключении международных соглашений, а также при осуществлении ей координационных мероприятий.

### **Достоверность и апробация результатов диссертационного исследования**

Обоснованность научных результатов диссертационного исследования обусловлена тем, что указанные результаты получены в ходе аналитических

изысканий с применением общенаучных методов познания (обобщение, синтез, аналогия, моделирование). Также в работе имеет место применение специальных научных методов, составляющих основу таких областей знания как теория радиофизики в части распространения электромагнитных волн, теория множеств, теория решения экстремальных задач в форме Понtryгина, метод анализа иерархий, а также математическая статистика и вероятностное программирование.

Достоверность результатов исследования подтверждается использованием в разработанных методиках и алгоритмах актуальных процедур технического регулирования по вопросу электромагнитной совместимости станций ВРНС и СПС, опорой исходных положений и прогнозов исследования на существующую нормативную базу, в частности, Регламент радиосвязи, рекомендации и другие организационные и методические документы Международного союза электросвязи.

Уровень аprobации и обсуждения результатов диссертационной работы на научных конференциях представляется достаточным.

### **Публикация основных результатов диссертации и личный вклад соискателя**

Изучение публикаций соискателя показало, что в них отражены основные результаты диссертационного исследования. По теме диссертации всего опубликовано 10 печатных работ, из них 3 - в рецензируемых периодических изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России. Наличие в списке трудов работ без соавторства позволяет сделать вывод о том, что основные результаты по теме диссертации получены автором лично.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В работе желательно было бы провести дополнительную оценку непреднамеренного помехового воздействия, обусловленного

функционированием не только станций мобильной связи (СПС), но и других глобальных систем радиосвязи.

2. В работе не в полной мере освещён вопрос оценки эффективности широкого применения разработанной информационной модели для анализа помехового воздействия реальных сетей мобильной связи различных сопредельных государств.

3. Автору следует учесть возможность расширения предложенного информационно-математического подхода в задачах обеспечения помеховой защищённости других чувствительных к помехам отечественных систем радиосвязи, располагающихся в приграничном регионе.

4. В работе не отражён вопрос возможности применения разработанного подхода к достижению Соглашения между Администрациями связи в случае привлечения к переговорам трёх и более сторон.

Несмотря на перечисленные замечания, представленная работа заслуживает общей положительной оценки. Научные и практические результаты, полученные в работе, обладают новизной и представляют научную и практическую значимость.

**Заключение о соответствии исследования критериям, установленным в Положении о присуждении учёных степеней.**

Диссертационное исследование Вавурова О. Ю. на тему «Информационная модель комплекса средств воздушной радионавигационной службы и её использование для координации с современными системами мобильной связи» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком уровне, в которой решена научная проблема, имеющая важное техническое и социально-экономическое значение.

В целом диссертация соответствует п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к

диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Вавулов Олег Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности ВАК 05.25.05 – Информационные системы и процессы.

Отзыв подготовлен Директором Научно-технического центра (НТЦ) Анализа электромагнитной совместимости ФГУП НИИР, доктором технических наук Веерпалу Вячеславом Энновичем.

Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании Научно-технического совета НТЦ Анализа электромагнитной совместимости ФГУП НИИР 04.05.2018 г., протокол № 4.

Директор НТЦ АЭМС ФГУП НИИР,  
д.т.н.,  
Тел.: (499) 261-05-05  
Эл. почта: [veerpalu@niir.ru](mailto:veerpalu@niir.ru)



В.Э. Веерпалу

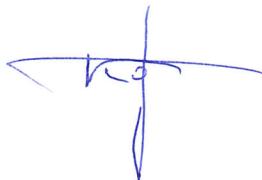
**Адрес:** 105064, Россия, г. Москва, ул. Казакова, д. 16.

**Телефон:** +7 (495) 261-05-05

**Электронная почта:** [veerpalu@niir.ru](mailto:veerpalu@niir.ru)

Подпись директора НТЦ Анализа ЭМС ФГУП НИИР, доктора технических наук Веерпалу Вячеслава Энновича заверяю.

Ученый секретарь, к.т.н., с.н.с



В.А. Корж

Федеральное государственное унитарное предприятие Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт радио (ФГУП НИИР).  
105064, Россия, г. Москва, ул. Казакова, 16. Телефон: (495) 647-18-30.  
Факс: (499) 261-00-90. Адрес электронной почты: [info@niir.ru](mailto:info@niir.ru).