

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Дмитренко Анатолия Григорьевича на диссертационную работу **Киселева Олега Николаевича «Оценка влияния мезомасштабных неоднородностей тропосферы на точность измерения углов и дальность действия пассивных радиолокационных систем»**, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика

На отзыв представлена диссертационная работа Киселева О.Н., включающая в себя введение, 8 глав, заключение, список цитируемой литературы и 3 приложения (копии актов внедрения и свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ). Работа изложена на 293 страницах, содержит 137 рисунков, поясняющих текст, 38 таблиц, а также список литературы (299 источников). Объем и структура диссертации соответствуют рекомендациям ВАК и ГОСТ Р 7.011-2011.

Работа Киселева О.Н., представленная на соискание ученой степени доктора наук, посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию мезомасштабных неоднородностей коэффициента преломления тропосферы, а также их влияния на пространственно-временную структуру радиоволн УКВ-диапазона. На основе этих исследований разработаны методики оценки погрешностей измерения угловых координат и дальности действия радиотехнических систем, обусловленных этими неоднородностями.

Актуальность темы диссертационной работы

Эффективность работы радиотехнических систем (РТС) определения координат источников излучения в значительной степени зависит от состояния канала распространения радиоволн, в частности, от состояния важнейшей составляющей этого канала – атмосферы. Динамические процессы, непрерывно протекающие в атмосфере, порождают различного

рода неоднородности показателя преломления, что приводит к ошибкам в определении углов прихода радиоволн и изменению уровня сигнала. Поскольку одними из основных характеристик, предъявляемых к обсуждаемым радиотехническим системам, являются точность определения направления на источник излучения и дальность до него, проблема оценки ошибок, возникающих из-за наличия пространственно-временных флюктуаций показателя преломления, является актуальной. И хотя по этой тематике за многие годы исследований были получены важные результаты, позволяющие существенно уменьшить ошибки радиолокационных измерений, проблема минимизации негативного влияния атмосферы на характеристики принимаемых сигналов еще далека до завершения. Диссертационное исследование, представленное Киселевым Олегом Николаевичем, закрывает слабо рассмотренный ранее аспект данной проблемы, связанный с оценкой влияния мезомасштабных неоднородностей (ММН) на точностные характеристики РТС определения координат источников излучения.

Целью диссертационной работы является разработка методов оценки погрешностей измерения угловых координат и дальности действия систем радиомониторинга, обусловленных наличием в атмосфере мезомасштабных неоднородностей коэффициента преломления.

Содержание работы

Первая глава является обзорной. В ней рассмотрена природа мезомасштабных неоднородностей тропосферы, приведены известные результаты, касающиеся их влияния на точность измерения азимутальных углов и дальность действия тропосферных радиосистем.

Вторая глава посвящена описанию результатов выполненных автором исследований крупномасштабных тропосферных неоднородностей и определению их параметров над сушей и в свободной атмосфере над открытым океаном. Приведены сведения о горизонтальных и наклонных отражающих радиоволны слоистых образованиях.

В третьей главе объясняется механизм медленных флюктуаций сигналов, возникающих при распространении УКВ над сушей из-за наличия случайной азимутальной рефракции. Теоретически исследована модель формирования поля УКВ за радиогоризонтом, основанная на гипотезе переизлучения радиоволн мезомасштабными слоями со случайнм наклоном.

В четвертой главе приведены краткие сведения об аппаратуре и условиях выполнения экспериментов на сухопутных и морских трассах протяженностью до 700 км в период с 1964 по 1994 г. на юге Западной Сибири, на Каспийском море и в акватории Тихого океана в диапазоне длин волн от 3 см до 3.4 м.

Пятая глава посвящена изложению экспериментальных данных о медленных вариациях фазового фронта на сухопутных трассах при приеме сигналов УКВ в горизонтальной плоскости. Здесь же показана возможность их прогноза по топографическому описанию местности. Представлены также результаты вычислительных экспериментов для загоризонтных трасс, которые полностью согласуются с результатами экспериментов на трассах дальнего тропосферного распространения (ДТР) и объясняют их.

В шестой главе представлены и систематизированы данные многолетних экспериментов по приему сигналов УКВ за радиогоризонтом в акватории Тихого океана, на основании которых создан радиоклиматический атлас Тихого океана.

В седьмой главе предложена процедура получения оценок среднечасовых значений уровня сигнала на трассах ДТР, основанная на исключении циклических составляющих изменений уровня сигнала и метеопараметров и использовании уравнений множественной регрессии для отклонений радио- и метеовеличин относительно их месячных норм.

В восьмой главе оценен вклад крупномасштабных флюктуаций углов прихода в общую ошибку определения азимутальных углов на тропосферных трассах, предложена методика картографирования таких

ошибок на наземных сухопутных трассах протяженностью до 100 км. Предложена также методика оценки множителя ослабления на загоризонтных морских трассах, представленная в виде карт радиометеорологического тропосферного атласа Тихого океана.

В заключении сделаны выводы по работе, перечислены основные НИОКР, где были использованы результаты диссертационной работы. Далее приведен список литературы. В приложениях представлены копии актов о внедрении результатов работы, а также копии свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Основные результаты исследований и их научная новизна

Предметом исследований, представленных в диссертационной работе, являются как сами мезомасштабные неоднородности атмосферы, так и их влияние на структуру электромагнитного поля у приемника и на характеристики принимаемого сигнала.

Научная новизна рецензируемой диссертации заключается в следующем:

1. По данным собственных измерений и при использовании больших массивов данных, полученных Гидрометеослужбами, определены средние и флуктуационные характеристики метеополей в районах проведения экспедиционных радиофизических исследований и по всей акватории Тихого океана (данные по Тихому океану представлены в радиоклиматическом тропосферном атласе). Помимо получения эмпирических данных о мезомасштабных неоднородностях, впервые разработана теоретическая модель неоднородностей коэффициента преломления над подстилающей поверхностью для сухопутных трасс в приземном слое атмосферы.

2. Выполнены исследования радиофизических характеристик сигналов в трех диапазонах УКВ в серии из нескольких циклов работ на трассах протяженностью от 20 до 500 км в период с 1963 года по 1994 год. В ходе работ с использованием созданной оригинальной аппаратуры для разностно-фазовых измерений проведены эксперименты, позволившие впервые

получить данные о структуре фазового фронта и углах прихода радиоволн на трассах трёх типов распространения радиоволн (прямая видимость, зона дифракции, зона ДТР), среднем уровне сигнала и статистических характеристиках мезомасштабных флюктуаций (часовые – многочасовые периоды).

3. Сопоставление метеорологических и радиофизических данных позволило на основе созданной физико-статистической модели мезомасштабных неоднородностей в приземном слое атмосферы впервые создать методики оценки среднеквадратических величин медленных флюктуаций углов прихода на сухопутных трассах.

4. Сведения, полученные в ходе выполнения сопряженных радиометеорологических и радиофизических экспериментов в акватории Тихого океана позволили впервые получить многофакторное регрессионное уравнение для диагноза в оперативном режиме среднечасовой величины множителя ослабления, которое использовано при создании макета системы оценки дальности источников излучений в зоне ДТР.

5. На имитационной модели установлено, что существенным механизмом формирования электромагнитного поля за радиогоризонтом может быть отражение радиоволн мезомасштабными неоднородностями с квазиплоскими границами, случайно наклоненными в пространстве.

Обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций

Полученные автором теоретические и модельные данные о характеристиках электромагнитного поля УКВ и их связях с метеопараметрами подтверждены результатами многолетних экспериментальных исследований на сухопутных и морских трассах. Теоретические расчеты выполнены с применением статистических методов обработки, включая проверку их достоверности на основе оценки доверительных вероятностей и критериев согласия. Выдвинутые в работе гипотезы о природе формирования пространственной и временной

структуры электромагнитного поля на наземных и загоризонтных трассах распространения радиоволн подтверждены теоретическими и экспериментальными исследованиями автора, а также результатами работ других исследователей. Результаты работы поэтапно и ежегодно докладывались и обсуждались автором на конференциях и публиковались в известных научных журналах: «Известия вузов. Радиофизика», «Радиотехника», «Радиотехника и электроника», «Известия вузов. Радиоэлектроника», «Известия вузов. Физика», «Известия РАН. Физика атмосферы и океана», «Электросвязь», «Успехи современной радиоэлектроники». Результаты исследований О.Н. Киселева опубликованы в материалах 33 конференций различного уровня. Всего опубликовано 59 работ, включая Радиоклиматический тропосферный атлас Тихого океана и 2 монографии; 14 из них опубликованы в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации.

Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации

Содержание автореферата правильно отражает текстовый материал диссертационной работы, полученные в ней научные результаты и основные выводы.

Замечания по работе

1. Формулировка цели работы выглядит очень узкой. Она охватывает только три из семи защищаемых положений. Кроме того, в формулировке цели говорится о методах, а в защищаемых положениях – о методиках. Все-таки методы и методики – это разные понятия. Представляется, что более правильной выглядела бы следующая формулировка цели работы: «Теоретические и экспериментальные исследования влияния мезомасштабных неоднородностей показателя преломления тропосферы на пространственно-временную структуру УКВ и разработка на этой основе методик оценки погрешностей измерения угловых

координат и дальности действия систем радиомониторинга, обусловленных этими неоднородностями.

2. Первое защищаемое положение не выглядит оригинальным. В нем говорится, что «для уменьшения ошибок радиоизмерений необходимо изучать явления и процессы с масштабами от единиц до сотен километров, временем существования от десятка минут до нескольких часов, которые определяются как мезомасштабные и до сих пор плохо изучены.....». Как следует из обзорной главы диссертации, понимание необходимости изучать влияние мезомасштабных неоднородностей на погрешность радиоизмерений существовало задолго до появления данной диссертации, но можно согласиться, что это влияние было слабо изучено.

3. Формулировки п. 1 раздела «Научная новизна проведенных исследований» в диссертации и автореферате не совпадают. В диссертации дана более понятная формулировка.

4. Некоторые выводы диссертационной работы, например вывод о близости результатов измеренных и рассчитанных среднеквадратичных отклонений флуктуаций углов прихода на сухопутных трассах, представленных на рис. 5.10, сделаны на основании ограниченного объема экспериментальных данных.

5. В заключении к диссертации отсутствует изложение планов дальнейших исследований.

6. Отсутствует список используемых сокращений.

Заключение

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы. В целом диссертационная работа О.Н. Киселева «Оценка влияния мезомасштабных неоднородностей тропосферы на точность измерения углов и дальность действия пассивных радиолокационных систем» является научно-квалификационной работой, в которой разработаны теоретические положения и практические рекомендации, которые можно квалифицировать как научное достижение в

исследовании влияния неоднородностей атмосферы на точность измерения угловых координат и дальность действия пассивных радиолокационных систем. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года (№ 842), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а её автор, Киселев Олег Николаевич, заслуживает присуждения искомой степени.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры исследования операций
Национального исследовательского
Томского государственного университета  А.Г. Дмитренко

ФГАОУВО Национальный исследовательский Томский государственный
университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 26
Тел. (3822) 52-98-52
E-mail: dmitr@fpmk.tsu.ru

