

Внедрение ионосферного канала в работу РЛС метрового диапазона радиоволн с целью компенсации негативного влияния ионосферы на их работу

А.В. Дмитриевская

ОАО «Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца»

Успешное решение задачи учета и компенсации влияния ионосферы на распространение радиоволн напрямую определяет точность работы радиолокационных станций (РЛС), особенно РЛС дальнего обнаружения. В настоящей работе проведен краткий обзор существующих и реализованных методов и алгоритмов автоматической и автоматизированной обработки радиолокационной информации, получаемой со вспомогательных (по отношению к самой РЛС) средств, с целью решения данной задачи, представлены их достоинства и недостатки.

В настоящей работе исследована возможность внедрения ионосферного канала в штатную работу РЛС дальнего обнаружения. Предложен метод и алгоритмы обработки радиолокационной информации, получаемой непосредственно при работе РЛС (без использования вспомогательных средств), позволяющий обеспечить компенсацию ионосферных искажений параметров сигнала в реальном времени. Показана возможность обеспечения работы данного метода на фоне штатной работы РЛС, представлена необходимость и обоснование внедрения ионосферного канала в РЛС дальнего обнаружения.

Современные методы оценки состояния ионосферы для компенсации ионосферных ошибок сводятся к четырем основным методам и их совместном применении при автоматической и автоматизированной обработке приемных радиосигналов.

1 Измерение электронной и ионной концентрации над интересующей областью пространства посредством навигационных спутников (ГЛОНАСС, GPS, Galeleo).

2 Измерение электронной и ионной концентрации над интересующей областью пространства посредством отдельно стоящего зонда.

3 Применение карты ионосферных неоднородностей.

4 Измерение электронной и ионной концентрации над интересующей областью пространства посредством самой радиолокационной станции.

Наиболее точным методом автоматизированной обработки информации, полученной в результате исследования ионосферы, является ее исследование самим радиолокационным средством, т.к. работа ведется в секторе ответственности изделия, обработка рассеянных от ионосферы радиосигналов осуществляется теми же аппаратно-программными средствами, что и обработка радиосигналов для основной задачи РЛС. При использовании для

исследования ионосферы самой РЛС не требуется создание дополнительных средств, и, как следствие, не требуется принимать дополнительные инженерные и конструктивные решения по размещению, графику и алгоритмам работы и синхронизации двух радиолокационных средств, и не требуются денежные затраты. Основным недостатком использования собственных средств РЛС для исследования ионосферных изменений является затрата временного ресурса изделия. Исследование ионосферы и внесение соответствующих поправок при автоматизированной обработке рассеянных от ионосферы сигналов не должно ухудшать пропускную способность РЛС по обнаружению и сопровождению летательных аппаратов.



Рисунок 1 – Отображение зенитных углов и расстояний до космического объекта.

Определены необходимые частота (17 Гц) и количество проведения ионосферных измерений (1000 итераций), определен интервал стационарности ионосферы, изменения ее параметров в течение которого приемлемы для работы РЛС (1 час). Определена наиболее значимая зона пространства, в которой необходимо знать распределение концентрации заряженных частиц ионосферы.

При работе в режиме анализа ионосферы диапазон дальностей должен охватывать весь значимый для РЛС метрового диапазона радиоволн высотный диапазон от 90 до 600 км.

При автоматизированной обработке измерений дальности до спутника или другого космического объекта с помощью РЛС возникает ионосферная ошибка измерения дальности, обусловленная тем, что скорость распространения радиоволны в ионосфере меньше скорости

света в вакууме. Дальность до обнаруживаемого летательного аппарата D , измеренная по задержке отраженного сигнала τ , $R=ct/2$, будет всегда больше реальной дальности. Ошибка по дальности рассчитывается по формулам (1)-(4). Ионосферный профиль в значимых для РЛС направлениях определяется по формулам (5)-(8).

Минимальная и максимальная длительности РИ сигнала для исследования ионосферы Земли составляют 0,1 - 40 мс. Временем переключения с приема на передачу аппаратуры рассматриваемых РЛС при расчете занимаемого ионосферным каналом временного ресурса изделия можно пренебречь.

В связи с явной недостаточностью временного ресурса РЛС дальнего обнаружения для проведения ионосферных измерений предложено минимальное и максимальное количество направлений, в которых необходимо построение ионосферного профиля и аппроксимация полученных данных для остальных направлений сектора ответственности РЛС по созданным учеными картам ионосферных неоднородностей в точке дислокации РЛС.

Анализ ионосферного профиля в одном направлении займет 58.87 секунд, что составляет 1,64 % временного ресурса изделия.

Наиболее правдоподобная картина ионосферного профиля получится при непрерывных измерениях параметров ионосферы Земли, т.к. ионосферные неоднородности претерпевают малозначительные изменения раз в 0,1-40 мс, аппроксимацию параметров ионосферы рекомендуется проводить в течение 1000 итераций в каждом направлении.

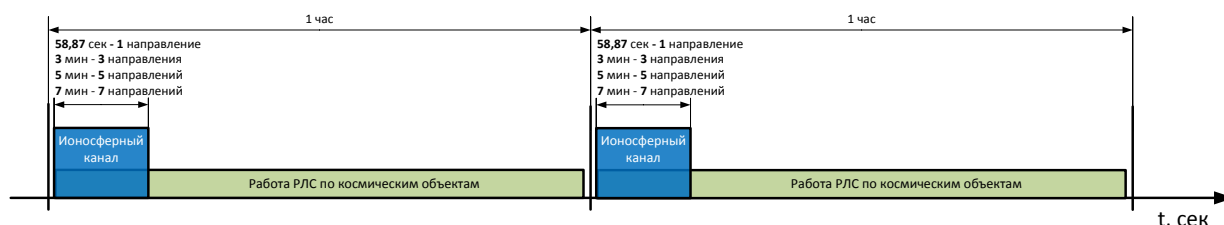


Рисунок 2 – Распределение временного ресурса РЛС с алгоритмом ионосферного канала.

Для доработки алгоритмов детектирования факта наличия рассеянных ионосферой сигналов без использования дополнительных средств измерений, только за счет возможностей изделия, требуется набор значительного объема статистики с РЛС, особенно попеременно на нескольких разнесенных частотах и поляризациях, для исследования возможных моделей сигнала и применимости разработанных учеными моделей [4; 5].

Влияние ионосферы существенно сказывается на характеристиках работы РЛС дальнего обнаружения. В связи с чем необходимо внедрение в штатный режим работы РЛС дальнего обнаружения ионосферного канала.

Проекты алгоритмов синтеза ионосферного профиля и компенсации ионосферных ошибок в РЛС дальнего обнаружения в настоящее время созданы и требуют доработки после проведения натуральных экспериментов на РЛС дальнего обнаружения, в которые предлагается внедрение ионосферного канала. Основные постулаты алгоритма приведены в настоящей работе.

Литература

1. Вопросы излучения и распространения волн. – М.: РТИ АН СССР. – 1974. – 121 с.
2. Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. – М.: Мир. – 1973. – 504 с.
3. Колосов М.А., Арманд Н.А., Яковлев О.И. Распространение радиоволн при космической связи. – М.:Связь. – 1969. – 155 с.
4. Evans J.V., Theory and practice of ionosphere study by Thomson scatter radar, Proc. IEEE. – 1969. – V. 57 – P. 496–530.
5. Гркович К.В., Бернгардт О.И. Методика обработки сигналов когерентного эха в приближении малого числа точечных рассеивателей // Известия вузов. Радиофизика. – 2011. – Т. 54, No 7. – С. 497-509.
6. . Berngardt O.I. Model of separate sample spectra of coherent echo signals based on Irkutsk incoherent scatter radar data // Radiophysics and Quantum electronics – 2006. – V. 49(6). – P.415-431

Рис. 1. Отображение зенитных углов и расстояний до летательного аппарата.

Рис. 2. Распределение временного ресурса РЛС с внедренным ионосферным каналом.