

## **Искажения широкополосных радиосигналов, распространяющихся через искусственно возмущенную ионосферу**

И.А. Насыров, А.С. Костромин, А.М. Насыров

*ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Институт физики, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18. E-mail: Igor.Nasyrov@ksu.ru*

*Методом численного моделирования определяются характер и причины искажений широкополосных сигналов, распространяющихся через искусственные плазменные облака для условий, соответствующих данным экспериментов.*

*By method of numerical modeling are defined character and the reasons of distortions signals extending through artificial plasma clouds for experimental conditions.*

За последние десятилетия резко возросло антропогенное воздействие на ионосферу и околоземное космическое пространство. В частности, такое воздействие может проявляться при запусках ракет и высотных взрывах. Образующиеся при этом искусственные плазменные облака (ИПО) оказывают существенное влияние на каналы распространения радиоволн на наземных и наземно-космических трассах. Одним из эффектов, приводящих к искажению радиоимпульсов, распространяющихся через искусственно возмущенную область ионосферы, является рассеяние на случайных флуктуациях электронной плотности. В настоящем докладе анализируются искажения широкополосных сигналов, построенных на основе импульсной последовательности, распространяющихся через ИПО для условий, соответствующих данным экспериментов, приведенных в [1].

Особенность канала связи "космос-земля" заключается в том, что трасса распространения сигналов проходит через ИПО, а приемные устройства расположены в зоне тени. Актуальной задачей является разработка математической модели такого канала распространения радиоволн и получение на ее основе оценки возможных искажений радиосигналов. В условиях ионосферы на высотах более 100 км искусственные плазменные неоднородности вытягиваются вдоль силовых линии геомагнитного поля. В этом случае задачу можно упростить, заменив неоднородности тонким слоем, изменяющим характеристики распространяющегося радиосигнала.

Одним из методов, позволяющих выполнить расчет искажений характеристик радиополей, рассеянных ИПО, является метод фазовых экранов (МФЭ). В приближении этой теории возмущенная область заменяется тонким слоем, изменяющим только фазу прошедшей волны [2].

Реальный сигнал содержит спектр частот, обусловленный передаваемой информацией. Его можно разложить в ряд Фурье и затем отдельно анализировать прохождение через ионосферу каждой спектральной составляющей. Так как фазовая скорость в ионосфере зависит от частоты волны, все спектральные составляющие сигнала будут испытывать различные фазовые флуктуации, и следовательно, иметь различные амплитудные и фазовые замирания в плоскости приема, что и является причины искажения импульсов.

В настоящее время в системах связи используются два типа широкополосных сигналов: с переключением частот и с прямым расширением спектра. В данной работе рассматривается второй тип сигналов, которые формируются путем сочетания сравнительно низкой частоты поступления данных и значительно более высокой частоты поступления элементов псевдослучайной (ПС) последовательности.

Частотно-селективное угловое рассеяние искажает принимаемый сигнал и тем самым вызывает рассогласование местного опорного и принимаемого сигналов. Это ухудшает процесс корреляционной обработки ПС-кода и приводит к появлению множественных боковых лепестков, содержащих некоторую долю энергии сигнала и значительно задержанных во времени. В результате уменьшается среднее значение напряжения на выходе коррелятора и вносится неопределенность, обусловленная фазовым дрожанием принимаемого сигнала. Одним из последствий такого искажения в высокоскоростном канале связи является межсимвольная интерференция, которая ухудшает качество демодуляции из-за наложения соседних информационных символов.

В качестве примеров для расчета искажений спектров выбраны сигналы на основе ПС-кодов: бинарный фазовый код, код Баркера, M-последовательность. Подобные последовательности широко используются в навигационных спутниковых системах.

### **Литература**

1. А.С. Костромин, С.А. Намазов, А.М. Насыров, Ю.А.Романовский Результаты радиозондирования искусственных плазменных образований в ионосфере // *Ионосферные исследования*. – 1997 – №50 (Исследования спорадического слоя Es). – С. 210-221.
2. Д.Л. Непп. Временные характеристики стохастических волн // *ТИИЭР*. –1983. – Т. 71, № 6. – С. 40-58.