

А.В. БОГОМАЗ, н.с., Институт ионосферы, Харьков;
Н.А. ПИДРУЧНАЯ, бакалавр, студент, НТУ “ХПИ”;
В.А. ПУЛЯЕВ, д-р техн. наук, проф., зам. директора, Институт
ионосферы, Харьков

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА НР С УЧЕТОМ ШИРИНЫ СПЕКТРА ЗОНДИРУЮЩЕГО ИМПУЛЬСА

Анализируется влияние спектра зондирующего радиоимпульса на точность расчёта параметров ионосферы в методе некогерентного рассеяния радиоволн.

Ключевые слова: метод некогерентного рассеяния, спектр импульса, параметры ионосферы.

Аналізується вплив спектру зондувального радіоімпульсу на точність розрахунку параметрів іоносфери у методі некогерентного розсіяння радіохвиль.

Ключові слова: метод некогерентного розсіяння, спектр імпульсу, параметри іоносфери.

The influence of the spectrum of the probe pulse on the accuracy of calculation of ionospheric parameters for the method of incoherent scattering of radio waves is analyzed.

Keywords: incoherent scatter method, pulse spectrum, parameters of ionosphere.

Постановка задачи. Метод некогерентного рассеяния (НР) охватывает широкий набор подходов и процедур, среди которых важная роль отводится статистическому анализу сигнала рассеяния. С их помощью также производится расчет параметров, определяемых локальными свойствами распределенной в пространстве ионосферной плазмы, изменяемой в зависимости от процессов в околоземном космическом пространстве. Для обеспечения максимальной степени достоверности этих процедур необходимо, чтобы они в полной мере учитывали особенности режима зондирования ионосферы.

Цель работы – модификация процедур расчёта ионосферных параметров с учетом ширины спектра зондирующего сигнала для случая импульсного режима излучения радара НР.

Анализ литературы. В случае использования радара НР как моностатической системы точность расчета параметров зависит от характеристик импульсного сигнала [1, 2]. Режимы же излучения этого сигнала определяются [2] высотнo-временными характеристиками рассеяния. Так как имеют место противоречивые требования, предъявляемые [3, 4] к зондирующему импульсу для обеспечения им достаточной разрешающей способности, необходимо дальнейшее усовершенствование процедур учета его статистических характеристик. В [5] приведен пример подобного анализа, показавшего, насколько от характеристик зондирующего сигнала зависит

© А.В. Богомаз, Н.А. Пидручная, В.А. Пуляев, 2013

спектр сигнала НР, а также какие погрешности в процессе последующего расчета ионосферных параметров в результате этого могут возникать. В целом выяснено, что влияние зондирующего импульса состоит в расширении спектра сигнала рассеяния в зависимости от высоты от 4 % до 18 %.

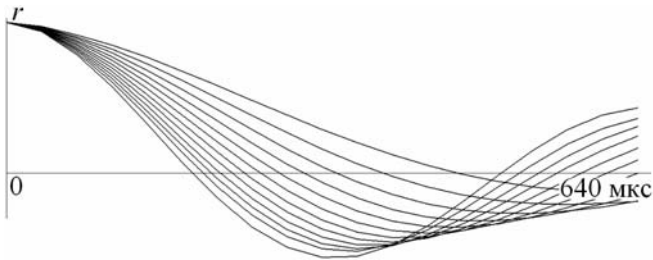


Рис. 1 – Модельные АКФ

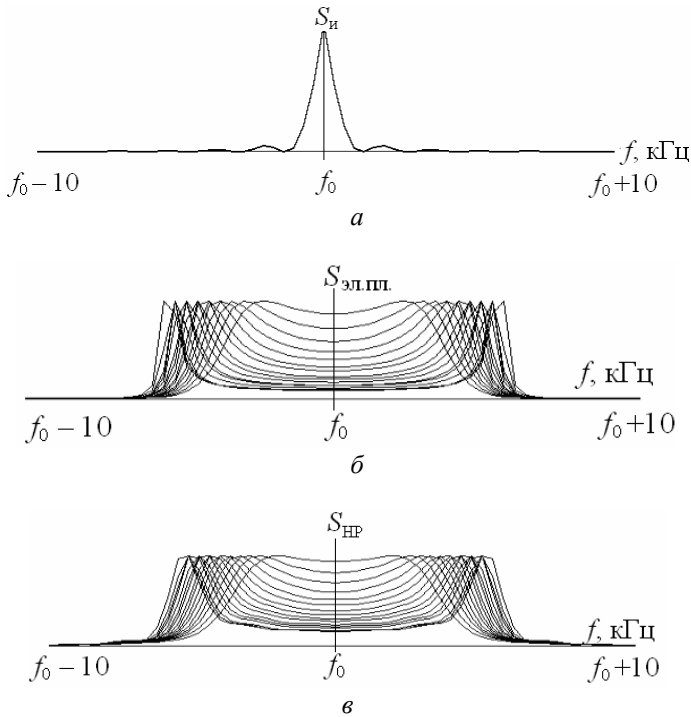


Рис. 2 – Спектры импульса и сигнала рассеяния: *а* – зондирующего импульса; *б* – флуктуаций электронной плотности; *в* – рассеянного сигнала

Результаты исследований. В процессе исследований производилась модификация теоретических (библиотечных) корреляционных функций (рис. 1), которые с привлечением решений прямой задачи рассчитывались из спектров рассеяния вида рис. 2 в. Для формирования же данных спектров рассеяния была реализована свёртка спектральных характеристик зондирующего импульса (рис. 2 а) со спектральными характеристиками флуктуаций электронной плотности в плазме (рис. 2 б).

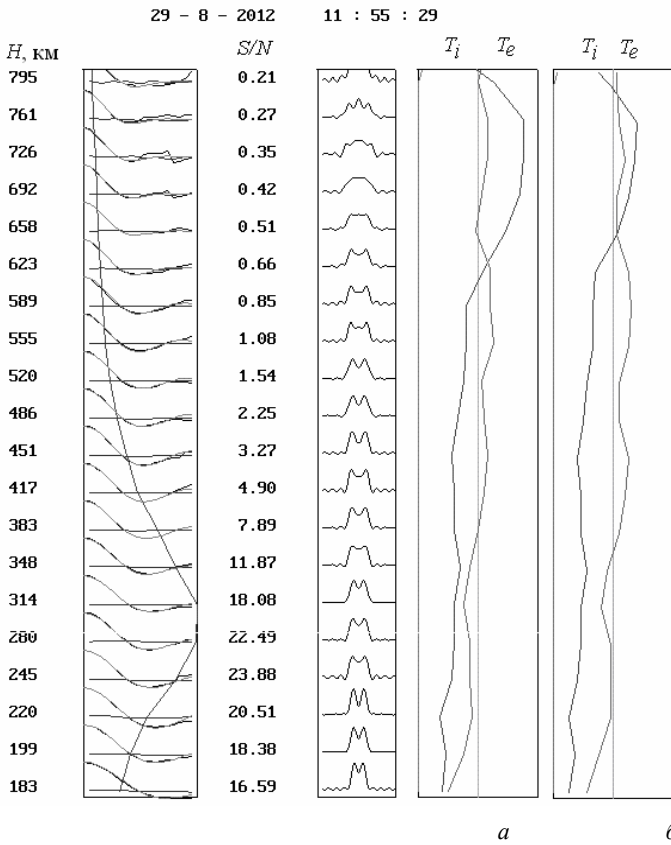


Рис. 3 – Результаты расчета ионосферных параметров: *a* – без учёта зондирующего импульса; *б* – с учётом зондирующего импульса

С целью проверки действенности процедуры модификации библиотеки с ее помощью были реализованы два варианта расчета кинетических температур ионосферной плазмы по высотному распределению корреляционных функций сигнала НР, полученных 29 августа 2012 г. в

одном из сеансов измерений длительностью 1 мин (рис. 3). В первом варианте (а) производился расчет с использованием немодифицированных библиотечных функций, а во втором (б) – после их уточнения.

Примечание. Уточнение корреляционных функций производилось для случая использования зондирующего импульса, огибающая которого имела прямоугольную форму и протяженность примерно 660 мкс. Период следования импульсов был принят 25 Гц.

На примере расчета параметров в данном сеансе измерений, отражающем состояние дневной спокойной ионосферы, можно наблюдать общую тенденцию, имеющую место при обработке и сравнении результатов любых других сеансов с помощью немодифицированных библиотечных функций – получение заниженных отношений температур при одновременном увеличении значений абсолютных показателей, в основном, температур ионов.

В целом тщательный анализ показывает следующее. Ширина спектра зондирующего импульса не оказывает заметного влияния на точность расчёта таких параметров, как дрейф плазмы и её электронная концентрация. А вот значения температур ионов в случае неучёта спектра зондирующего импульса достигают приращений до 20 %, температур же электронов – до единиц процентов. Эти отклонения особенно характерны для нижних высотных участков, с ростом же высоты влияние спектра зондирующего импульса уменьшается, что связано с преобладанием на их фоне ширины спектра сигнала НР.

Выводы. Приведенные результаты исследований и последующая обработка сигнала НР показывают, что в зависимости от состояния ионосферной плазмы ширина спектра зондирующего импульса может значительно влиять на точность расчёта именно такого параметра, как температура ионов, и в чуть меньшей мере – на точность расчёта температуры электронов, что свидетельствует о необходимости учета такой ситуации.

Список литературы: 1. Брюнелли Б.Е. Метод некогерентного рассеяния радиоволн / Б.Е. Брюнелли, М.И. Кочкин, И.Н. Пресняков и др. – Л.: Наука, 1979. – 188 с. 2. Рогожкин Е.В. Зондирующие сигналы для исследования ионосферы методом НР: монография / Е.В. Рогожкин, В.А. Пуляев, В.Н. Лысенко. – Х.: НТУ “ХПИ”, 2008. – 256 с. 3. Эванс Дж.В. Теоретические и практические вопросы исследования ионосферы методом НР радиоволн // ТИИЭР. – 1976. – Т. 57, № 4. – С. 139-175. 4. Рогожкин Е.В. Анализ зондирующих сигналов для исследования ионосферы методом некогерентного рассеяния / Е.В. Рогожкин, А.С. Мазманишвили // Электромагнитные явления. – 1998. – Т. 1, № 4. – С. 545-551. 5. Пидручная Н.А. Влияние спектра зондирующего импульса на спектр сигнала некогерентного рассеяния / Н.А. Пидручная, В.А. Пуляев // Вестник НТУ “ХПИ”. Серия: Радиофизика и ионосфера. – 2012. – № 57 (963). – С. 57-60. 6. Пуляев В.А. Определение параметров ионосферы методом некогерентного рассеяния радиоволн: монография / В.А. Пуляев, Д.А. Дзюбанов, И.Ф. Домнин. – Х.: НТУ “ХПИ”, 2011. – 240 с.

Поступила в редколлегию 01.04.2013