

А.В. БОГОМАЗ, н.с., Институт ионосферы, Харьков

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

В статье представлена разработанная модель системы обработки данных радара некогерентного рассеяния. Рассмотрены основные этапы обработки, анализ которых позволил создать данную модель. Приведены назначение и возможности модели.

У статті представлено розроблену модель системи обробки даних радара некогерентного розсіяння. Розглянуто основні етапи обробки, аналіз яких дозволив створити дану модель. Приведено призначення та можливості моделі.

The model of the incoherent scatter radar data processing system is presented in the paper. Main stages of incoherent scatter data processing that were analyzed for creating this model are considered. Purpose and capability of the model are given.

Введение. Задачей системы обработки данных радара некогерентного рассеяния (НР) является оценивание параметров ионосферы по характеристикам сигнала, принятого радиоприёмным устройством (РПрУ) радара. С выходов РПрУ низкочастотные сигналы (квадратурная и синфазная составляющие) поступают на систему обработки, на входе которой расположен блок аналого-цифровых преобразователей. Дальнейшая обработка сигналов производится программно на персональных компьютерах. Построение модели системы обработки радара НР является важной задачей, так как позволяет определить необходимые этапы обработки данных, выбрать наиболее подходящие по точности и быстродействию алгоритмы, найти оптимальные параметры процедур, которые реализуют выбранные алгоритмы, проверить правильность функционирования системы обработки и её устойчивость к воздействию различных помех.

Целью статьи является представление разработанной модели системы обработки радара НР Института ионосферы.

Описание системы обработки данных радара НР. Процесс обработки данных радара НР можно разделить на два этапа (первичную и вторичную обработку), которые выполняются последовательно друг за другом [1]. Первичная обработка производится во время работы радара НР в процессе проведения эксперимента в исследовательской обсерватории Института ионосферы в г. Змиёв, а вторичная – на компьютерах, расположенных в Харькове, обычно после завершения эксперимента.

Первичная обработка заключается в аналого-цифровом преобразовании сигнала x_s , который представляет сумму полезного сигнала (сигнала НР) x_{IS} , шумов различной природы x_n и помех x_p ; расчёте корреляционных функций (КФ) этого сигнала $R_s(\tau, h)$, где $\tau = 0, 1, 2, \dots$ – номер задержки КФ, $h = 0, 1, 2, \dots$ – номер высотного участка; накоплении КФ в течение сеанса,

длительность которого обычно составляет 1 мин. К шумам x_n относят космическое радиоизлучение галактик, звёзд и планет, радиотепловое излучение земной поверхности, шумы усилительных каскадов РПрУ. Наиболее частые помехи x_r – когерентные отражения от искусственных спутников Земли и космического мусора, попавших в диаграмму направленности антенны радара, но также могут присутствовать импульсные помехи и резкие скачки уровня сигнала [2].

Для контроля работы передатчика, РПрУ и системы первичной обработки сигнала НР решается обратная задача радиофизики – оцениваются параметры ионосферной плазмы (температуры ионов T_i и электронов T_e). Для уменьшения времени расчётов в процедуре контроля ионосферная плазма считается однокомпонентной (кислородное приближение). До решения обратной задачи необходимо вычесть из $R_s(\tau, h)$ КФ шума $R_n(\tau)$, оценку которой можно получить путём усреднения КФ принятого сигнала с высот, где сигнал НР отсутствует (обычно 2500 – 3000 км). Результаты решения обратной задачи будут корректными, если аппаратура и программное обеспечение функционируют нормально, в исследуемой области высот преобладают ионы атомарного кислорода, а относительный уровень помех мал, т.е. $R_r(\tau, h) \ll R_{IS}(\tau, h)$.

Задачей вторичной обработки является получение как можно более точных оценок таких параметров ионосферной плазмы, как температуры T_i и T_e , относительное содержание ионов атомарного кислорода $N[O^+]/N_e$, водорода $N[H^+]/N_e$, гелия $N[He^+]/N_e$ и молекулярных ионов $N[M^+]/N_e$ и др.

Более точное решение обратной задачи достигается как за счёт усложнения алгоритмов программ и оптимизации параметров этих программ, так и за счёт дополнительных процедур подготовки данных.

Под подготовкой данных подразумевается учёт особенностей аппаратуры, удаление испорченных помехами данных, вычитание КФ шума, временное и высотное усреднение.

К учёту аппаратурных особенностей можно отнести, например, учёт характеристики восстановления разрядников антенного коммутатора [3].

Идентификация помех, в основном когерентных отражений, может производиться автоматически. Обычно используется пороговая обработка, где признаком присутствия помехи является превышение значением какого-либо параметра (например, задержки КФ) заданного порога [2, 4, 5].

Временное усреднение данных целесообразно выполнять путём скользящего сглаживания [5], а в качестве высотного может эффективно применяться как трапецидальное суммирование, так и аппроксимация аналитическим выражением [6 – 8].

Решение обратной задачи заключается в поиске такой теоретической КФ, которая после пропускания через модель измерительного канала даст наилучшие согласие с экспериментальной. Значения параметров плазмы, для которых была рассчитана эта КФ, можно считать измеренными оценками

параметров ионосферной плазмы. Математическая модель измерительного канала основана на применении двумерной функции неопределённости [9].

Описание модели системы обработки данных радара НР. Показанная на рисунке структура модели системы обработки радара НР была построена на основе анализа алгоритмов обработки НР сигналов. Большая часть модели выполнена в виде оригинального программного обеспечения, написанного на языках программирования Fortran, С и BASIC. Для анализа результатов моделирования используется система компьютерной алгебры Mathcad.

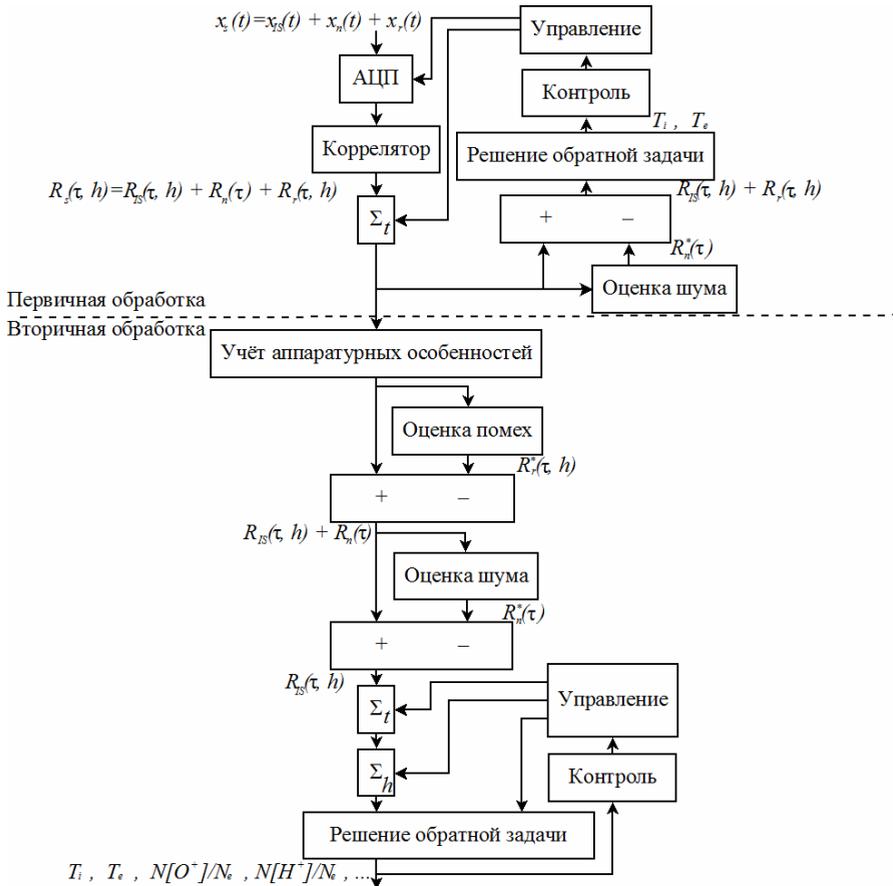


Рис. – Модель системы обработки радара НР Института ионосферы

Важной составляющей модели системы обработки является имитатор НР сигналов и их статистических характеристик (спектральной плотности мощности и автокорреляционных функций). Используя имитатор, можно

подавать данные на как вход системы, так и на входы отдельных её частей. В качестве имитатора используется программная реализация способа формирования смеси полезного шумоподобного сигнала (каким является НР сигнал) и помехи с заданными спектрами и необходимым отношением сигнал/помеха [10].

Основной способ исследования построенной модели – статистический. Исследование модели позволяет определять производительность и надёжность компонентов системы и системы в целом, а также оптимальные параметры системы для достижения требуемой точности оценки параметров ионосферной плазмы для различных гелиогеофизических условий (уровень солнечной активности, сезон, время суток) и помеховой обстановки.

Выводы. Разработанная модель является мощным средством для исследования системы обработки данных радара НР и позволяет обнаружить и устранить имеющиеся в ней узкие места, оптимизировать её по точности и быстродействию, увеличить её надёжность.

Список литературы: 1. Расчёт параметров ионосферы в методе некогерентного рассеяния радиоволн: монография / В.А. Пуляев, Д.А. Дзюбанов, И.Ф. Домнин. – Х.: НТУ “ХПИ”, 2010. – 224 с. 2. Панасенко С.В. Фильтрация временных вариаций мощности некогерентно рассеянного сигнала при наличии нерегулярных помех и сбоев аппаратуры // Вестник НТУ “ХПИ”. Тематический выпуск “Радиофизика и ионосфера”. – 2011. – № 44 – С. 40 – 44. 3. Цуркан А.В. Учет влияния антенного коммутатора на определение параметров ионосферы // Вестник ХГПУ. Физические аспекты современных технологий. – Вып. 103. – 2000. – С. 113 – 115. 4. Богомаз А.В. Оптимизация параметров фильтрации когерентных помех при анализе данных некогерентного рассеяния // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій “РТ-2011”: Матеріали 7-ої міжнародної молодіжної науково-технічної конференції, Севастополь 11 – 15 квітня 2011 р. / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Севастопольський національний технічний університет. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 315. 5. Богомаз А.В., Сюсюк М.Н. Идентификация когерентных отражений градиентным методом // Конференция молодых учёных “Дистанционное радиозондирование ионосферы (ИОН-2012)” (Харьков, Украина, 18 – 20 апреля 2012 г.). – Сборник тезисов. – 2012. – С. 15. 6. Богомаз О.В. Особливості процедури накопичення іоносферних даних, одержаних за допомогою багатоканального корелятора // XIX Міжнародна науково-практична конференція: Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я. (Харків, Україна, 1–3 червня 2011 р.) Збірник тез доповідей. Х.: НТУ “ХПІ”. – 2011. – С. 184. 7. Сюсюк М.Н., Богомаз А.В. Аппроксимация высотных профилей мощности некогерентно рассеянного сигнала рядами Фурье // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій “РТ-2012”: Матеріали 8-ої міжнародної молодіжної науково-технічної конференції, Севастополь 23 – 27 квітня 2012 р. / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Севастопольський національний технічний університет. – Севастополь: СевНТУ, 2012. – С. 324. 8. Богомаз А.В., Котов Д.В., Сюсюк М.Н. Пространственная коррекция данных радара некогерентного рассеяния // (см. статью в этом сборнике) 9. Сюсюк М.Н., Котов Д.В., Богомаз А.В. Моделирование двумерной функции неопределенности радара некогерентного рассеяния // Вестник НТУ “ХПИ”. Тематический выпуск “Радиофизика и ионосфера”. – 2011. – № 44. – С. 81 – 84. 10. Пуляев В.О., Богомаз О.В., Котов Д.В. Спосіб імітації суміші шумоподібного сигналу та завади із заданими спектрами // Патент України на корисну модель UA № 42311. Оpubліковано 25.06.2009 в бюл. № 12/2009.

Поступила в редколлегию 20.09.2012