

УДК 621.371.25

ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

Бабенко А.Н., Рябова Н.В., Рябова М.И., Сарафанников П.Е., Чернов А.А.
Марийский государственный технический университет, г. Йошкар-Ола
Тел. +7 (8362) 6860-12 E-mail: nvryabova@mail.ru

Аннотация. Рассмотрен виртуальный прибор для исследования строения ионосферы и влияния ее параметров на распространение декаметровых радиоволн, проведены модельные расчеты и произведено их сравнение с экспериментальными результатами

Ключевые слова: строение ионосферы, радиоволна, дециметровый диапазон, распространение, модель, ионограмма, LabVIEW.

Постановка задачи

Декаметровые (ДКМ) радиоволны могут распространяться на многие тысячи километров путем многократных последовательных отражений от ионосферы и земной поверхности и для этого не требуется передатчиков большой мощности. Это свойство ДКМ радиоволн используется для построения систем дальней радиосвязи и загоризонтной радиолокации. Однако ряд неблагоприятных особенностей распространения ДКМ радиоволн снижает эффективность использования диапазона, таких как: многолучевое распространение, сопровождающееся глубокими замираниями, ограниченность неискаженной полосы передачи, и скорости телеграфирования, подверженность влиянию ионосферных возмущений, загруженность частотного канала помехами [1].

Поэтому в дополнении к экспериментальным исследованиям необходимо проводить математическое моделирование процессов происходящих при прохождении электромагнитной волны через ионосферу. Эта модель должна объяснить экспериментальные результаты и давать возможность предсказать новые эффекты, которые могут возникнуть при необычных природных явлениях.

Метод решения

Современные пакеты прикладных программ (LabView, SystemView и другие) позволяют строить модели, учитывающие свойства системы в целом, включая приемопередающий тракт, антенные устройства и свойства среды распространения.

Для реализации данной модели используется программный комплекс LabView. Разработана виртуальная лабораторная установка «Ионосферное распространение декаметровых радиоволн», предназначенная для исследования влияния ионосферы на распространение декаметровых радиоволн. Блок-схема данного комплекса представлена на рис.1.

Модель ионосферы задается профилем электронной концентрации. При моделировании распространения радиоволн необходимо иметь в виду, что радиоволна при определенных условиях может отразиться от ионосферы и прийти в точку приема, может уйти в космическое пространство, около точки передатчика имеется «мертвая зона», в которой прием отраженного от ионосферы сигнала не возможен.

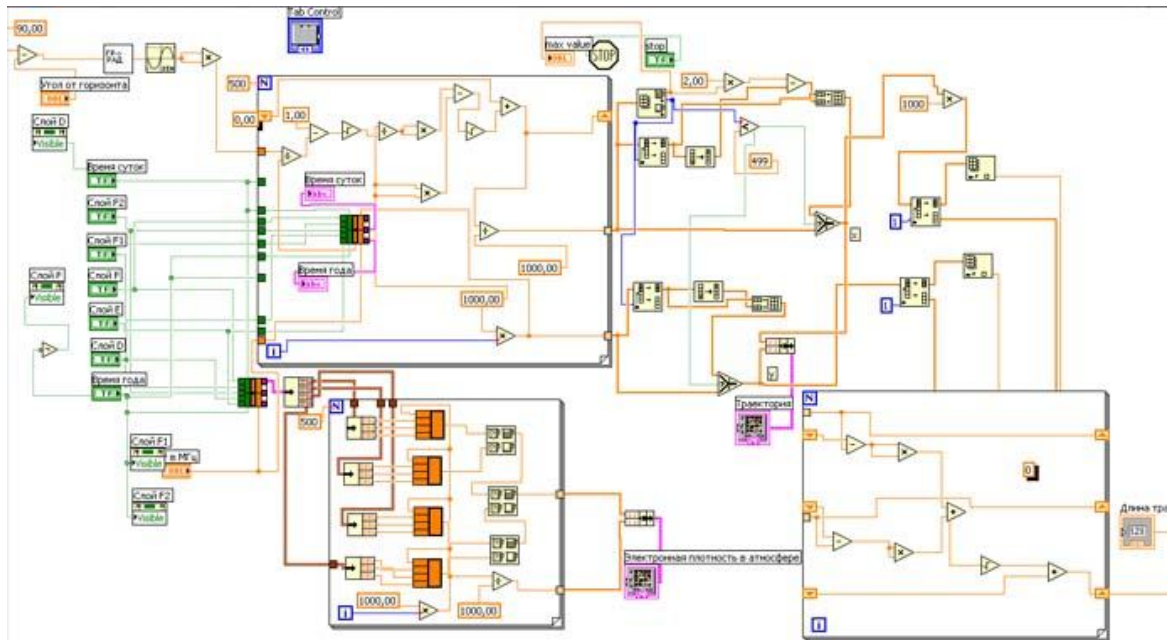


Рис.1 Блок схема программного комплекса

Для создания виртуальной лабораторной установки кроме стандартных, созданы дополнительные программные модули:

1) «Модель ионосферного слоя», где в рамках параболической или косинусной модели рассчитывается распределение плотности электронной концентрации по высоте. Параболический слой имеет разрывы градиента электронной концентрации у верхней и нижней границ слоя, а косинусный слой лишен этого недостатка. На рис. 2 представлена блок схема SubVI «Косинусная модель ионосферного слоя».

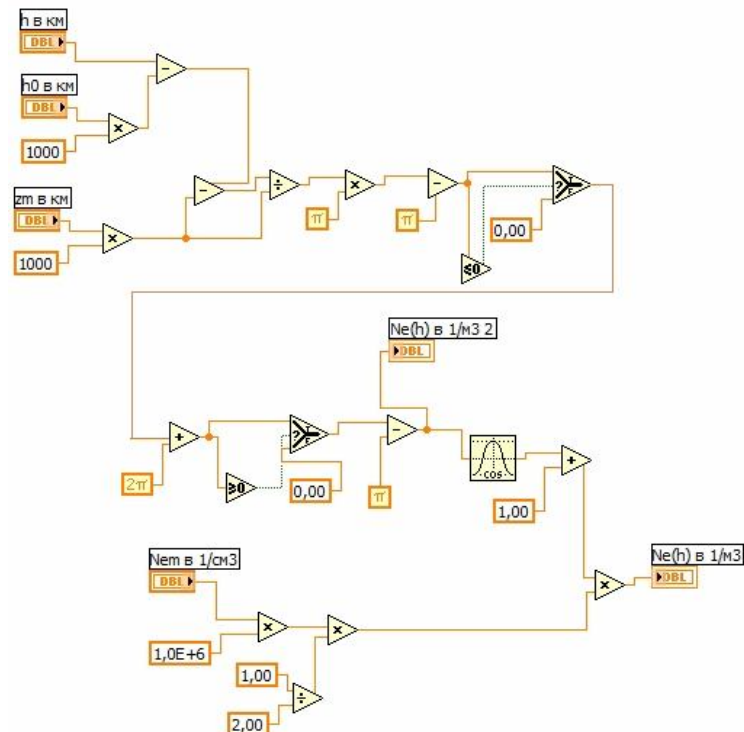


Рис. 2 Блок схема SubVI «Косинусная модель ионосферного слоя»

2) «Диэлектрическая проницаемость ионосферы», где производится расчет диэлектрической проницаемости по профилю электронной концентрации;

3) «Параметры слоев ионосферы», где производится управление параметрами слоев в зависимости от сезона года, времени суток [2];

4) «Модель ионограммы», где строится траектория радиоволны, рассчитывается ее длина и пересчитывается во время группового запаздывания. Также в данном модуле строится профиль электронной концентрации и ионограмма наклонного зондирования ионосферы.

Результаты работы виртуальной лабораторной установки выводятся на экран с помощью разработанного графического интерфейса, представленного на рис.3.

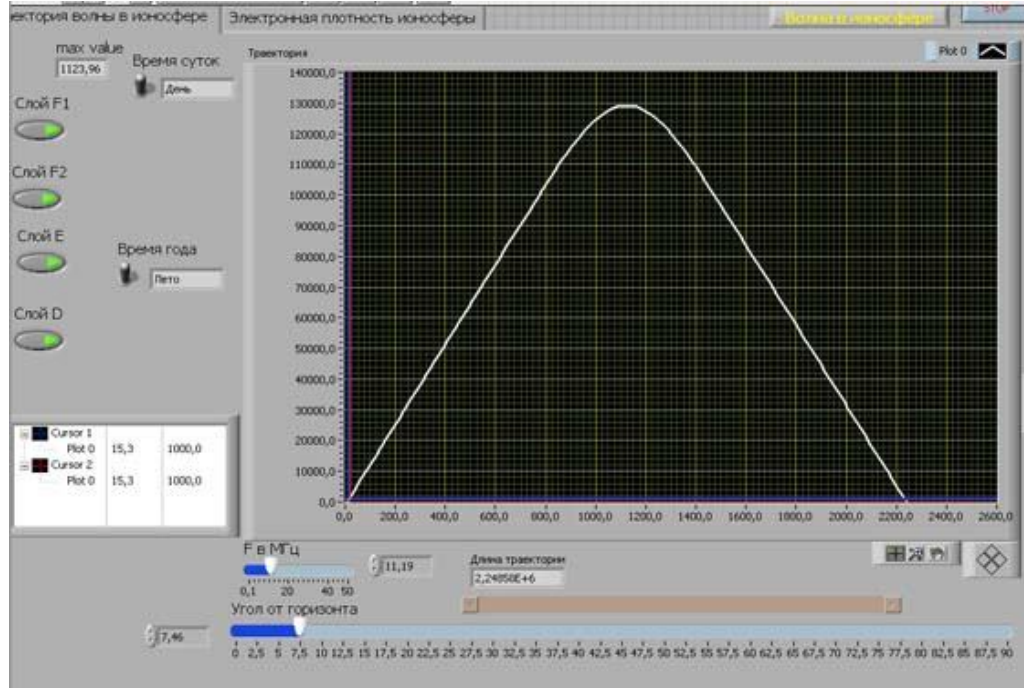


Рис.3 Лицевая панель комплекса

Исходя из задач исследования, были проведены расчеты времени группового запаздывания принятого сигнала для реальных условий распространения декаметровых радиоволн в ионосфере и произведено сравнение с экспериментальными ионограммами наклонного зондирования на радиолинии о. Кипр – г. Йошкар-Ола (рис.4, рис.5).

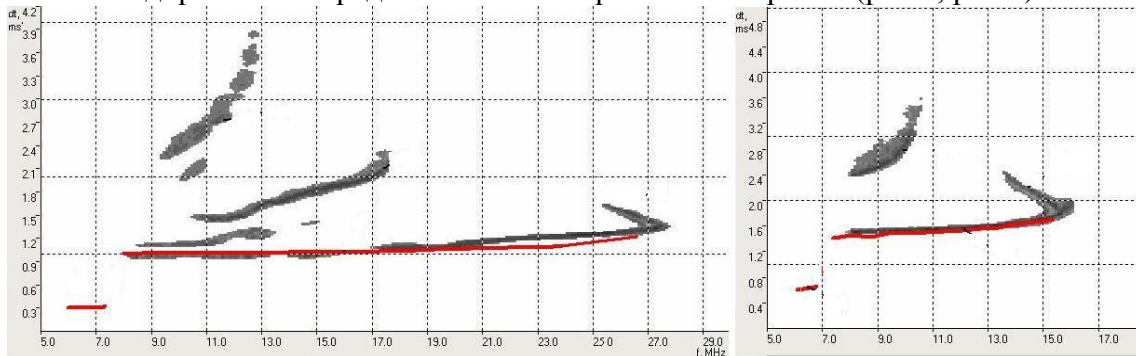


Рис.4 Расчеты времени группового для параболической модели слоя а) день; б) ночь

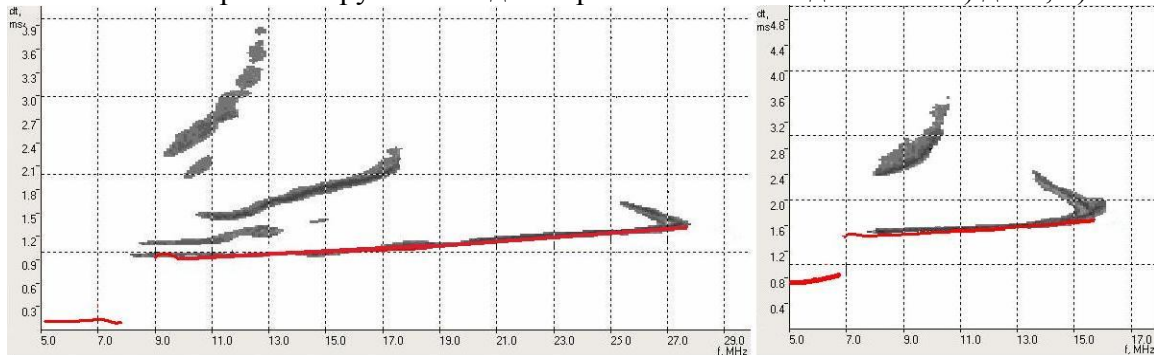


Рис.5 Расчеты времени группового запаздывания для косинусной модели слоя а) день; б) ночь

Полученные результаты

Установлено хорошее соответствие полученных экспериментальных результатов для моды 1F для косинусной модели. Дальность и высота отражающего слоя отличаются не более чем на 20 км. Расчеты показывают наличие моды 1E на низких частотах. Эта мода не наблюдается на экспериментальных ионограммах. При распространении до отражающего слоя и обратно амплитуда отраженного сигнала уменьшается настолько, что его не обнаруживается на фоне шумов и помех, а математическая модель не учитывает этого эффекта.

Работа выполнена при поддержке РФФИ проекты № 08-02-12081-офи; 09-07-00331-а и федеральных целевых программ: "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы (ГК № 02.740.11.0233); "Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)" (проект № 2.1.1/3896).

Литература

1. Егошин А.Б., Иванов Д.В., Иванов В.А., Рябова Н.В. Информационно-аналитическая система для исследования ионосферы и каналов декаметровый радиосвязи: монография, Йошкар-Ола, МарГТУ, 2006, 256 с.
2. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabView для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде Labview. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400с.