

УДК 621.371.25

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА БАЗЕ LABVIEW ОТРАЖЕННЫХ ОТ ИОНОСФЕРЫ ДЕКАМЕТРОВЫХ РАДИОВОЛН

А.Н. Бабенко, Н.В. Рябова, М.И. Рябова, П.Е. Сарафанников, А.А. Чернов

LABVIEW-BASED MATHEMATICAL MODELING OF DECAMETER RADIO WAVES REFLECTED FROM THE IONOSPHERE

A.N. Babenko, N.V. Ryabova, M.I. Ryabova, P.E. Sarafannikov, A.A. Chernov

Разработана установка на базе программного комплекса LabView, предназначенная для исследования влияния ионосферы на распространение декаметровых радиоволн. 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 радиопуть Кипр–Йошкар-Ола.

A device based on the software system LabView is used to study influence of the ionosphere on distribution of decameter radio waves. We made calculation of the group-delay time of the received signal for real conditions of decameter radio wave propagation in the ionosphere. Comparison with the experimental ionograms of oblique sounding on the radio path Cyprus–Yoshkar-Ola was also made.

Ионосфера, как и другой любой объект, может исследоваться разными способами. В дополнение к экспериментальным исследованиям, проводимым в лаборатории распространения радиоволн МарГТУ, проводилось математическое моделирование отраженного от ионосферы сигнала на базе программы LabView.

Цель работы – построение компьютерной модели, описывающей процессы, происходящие при прохождении электромагнитной волны через ионосферу. Эта модель должна объяснить экспериментальные результаты.

Современные пакеты прикладных программ (LabView, SystemView и др.) позволяют строить модели, учитывающие свойства системы в целом, включая приемопередающий тракт, антенные устройства и свойства среды распространения [1].

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

Ионосфера – неоднородная среда. В соответствии с тем, как распределяется электронная концентрация, в ионосфере выделяют следующие слои: зимой E и F, летом в дневное время E, F1, F2. Основное поглощение радиоволн происходит в самом нижнем D-слое, который расположен на высотах 50–90 км. 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 «прожечь ионосферу» и уйти в космическое пространство, при этом около точки передатчика имеется «мертвая зона», в которой прием отраженного от ионосферы сигнала не возможен [2].

Ионосфера – неоднородная среда. В соответствии с тем, как распределяется электронная концентрация, в ионосфере выделяют следующие слои: зимой E и F, летом в дневное время E, F1, F2. Основное поглощение радиоволн происходит в самом нижнем D-слое, который расположен на высотах 50–90 км. 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 «прожечь ионосферу» и уйти в космическое пространство, при этом около точки передатчика имеется «мертвая зона», в которой прием отраженного от ионосферы сигнала не возможен [2].

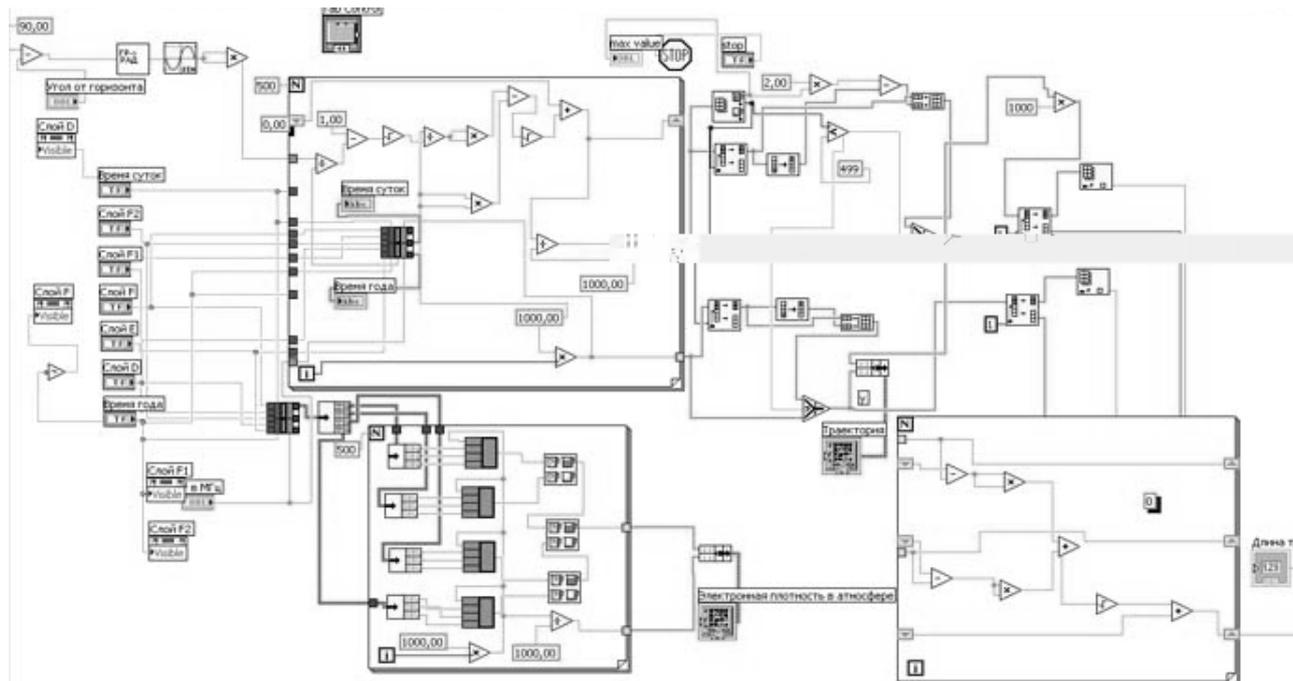


Рис. 1. Блок-схема установки.

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

1. «Модель слоя», где в рамках параболической и косинусной моделей 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.

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

3. «Модель ионосферы», где производится управление параметрами слоев в зависимости от сезона года и времени суток.

4. «Траектория волны в ионосфере».

Результаты работы виртуальной лабораторной установки выводятся на экран с помощью разработанного графического интерфейса (рис. 2).

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 Кипр–Йошкар-Ола (рис. 3, 4).

Установлено хорошее соответствие полученных 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 видно на фоне шумов и помех, а математическая модель не учитывает этого эффекта. Таким образом, одна из задач, которые нужно решить при модернизации модели, – учет поглощения.

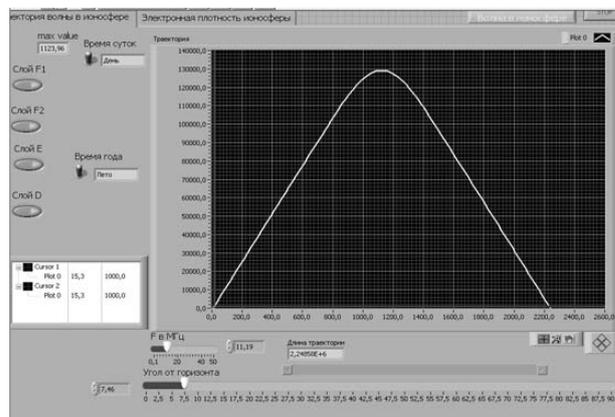


Рис. 2. Графический интерфейс установки.

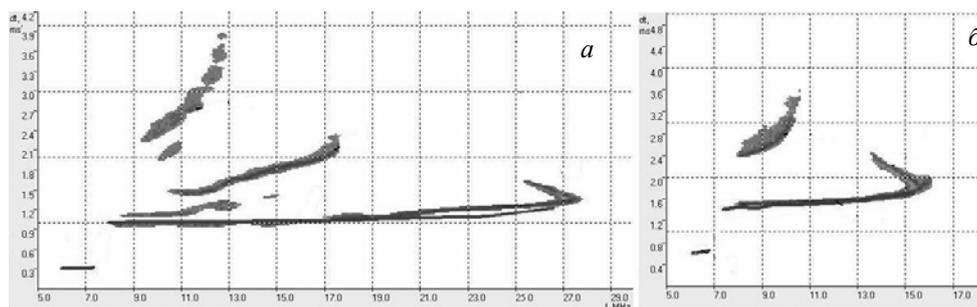


Рис. 3. Результаты расчетов времени группового запаздывания для параболической модели: а – день; б – ночь.

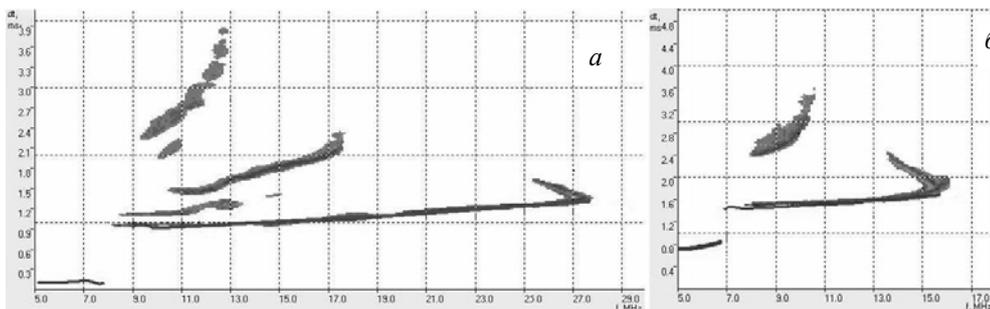


Рис. 4. Результаты расчетов времени группового запаздывания для косинусной модели: а – день; б – ночь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. 400 с.
2. Рябова Н.В. Диагностика и имитационное моделирование помехоустойчивых декаметровых радиоканалов: Научное издание. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. 292 с.

Марийский государственный технический университет,
Йошкар-Ола