

Литература

1. Канторович Г. Г. Анализ временных рядов [Текст] / Г. Г. Канторович // Экономический журнал ВШЭ. — № 2. — 2002. — С. 252—273.
2. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление [Текст] / Дж. Бокс, Дженкинс Г. — Вып. 1, 2. — М.: Мир, 1974. — 197 с.
3. Granger C. W. J. Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification [Текст] / C. W. J. Granger // Journal of Econometrics, 1981. — Vol. 16. — № 1. — P. 121—130.
4. Леоненко М. М. Теоретико-ймовірнісні та статистичні методи в економетриці та фінансовій математиці [Текст] / М. М. Леоненко, Ю. С. Мішура, В. М. Пархоменко, М. Й. Ядренко. — К.: Інформтехніка, 1995. — 380 с.
5. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рисков. [Текст] / Э. Петерс. — М.: Интернет-трейдинг, 2004. — 304 с.
6. Lo A. W. Long Term Memory in Stock Market Prices [Текст] / A. W. Lo // Econometrica. — 1991. — № 59. — P. 1279—1313.
7. Softodrom.ru — Лучшие программы для Windows, Windows Mobile, Linux и других ОС [Электронный ресурс] [Текст] / Режим доступа: <http://soft.softodrom.ru/ap/Fractan-p44195>. — 10.05.2011.
8. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс [Текст]: пер. с англ. / под ред. д. т. н. Н. Н. Кузусль. — 2-е изд., испр. — М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2006. — 1104 с.
9. Exnews. Экцентричные новости — Программы. Софт [Электронный ресурс] [Текст] / Режим доступа: <http://exnews.org/grabsoft/1146907935-views-enterprise-edition>. — 10.05.2011.

УДК 621.371.3

СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И РАСЧЕТНЫХ МЕТЕОРНЫХ АМПЛИТУДНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

И. Е. Антипов

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

E-mail: i_ant@mail.ru

Е. Ю. Бондарь

Кандидат технических наук, младший научный сотрудник

Научно-учебный центр*

E-mail: gxaski@mail.ru

О. А. Соляник

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Научно-учебный центр*

E-mail: secort@kture.kharkov.ua

Набиль Оде Сорох

Аспирант*

E-mail: bassra55@yahoo.com

*Кафедра основ радиотехники

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

Контактный тел.: (057) 700-22-84

Розглянуто засіб зіставлення результатів моделювання метеорних АЧХ з експериментальними даними.

Ключові слова: метеорна АЧХ, зони Френеля, лінійна регресія.

Рассмотрен способ сопоставления результатов моделирования метеорных АВХ с экспериментальными данными.

Ключевые слова: метеорная АВХ, зоны Френеля, линейная регрессия.

A method for comparing the data of experimental and estimated meteor ATC.

Keywords: meteor ATC, Fresnel zone, linear regression.

1. Введение

Для исследования метеорных явлений применяется радиолокационный метод, поскольку метровые радио-

волны отражаются от ионизированного следа, образующегося при створении в атмосфере метеорной частицы. Поведение амплитуды принимаемого сигнала описывается амплитудно-временной характеристикой (АВХ).

По ней можно установить ряд характеристик самой частицы (скорость, направление движения, массу, плотность), что важно для дальнейших исследований их влияния на климат. Гипотеза о влиянии метеорных частиц на климат была высказана в [1] и нашла свое развитие в [2–4].

2. Способ сопоставления экспериментальных и расчетных АВХ

АВХ, получаемая экспериментально, может иметь вид, показанный на рис. 1. На первом участке имеет место нарастание амплитуды, вызванное отражением радиоволн от участка следа, образующего первую зону Френеля на этапе его формирования. На втором участке наблюдается волнообразное изменение амплитуды, вызванное вступлением в процесс отражения участков следа, образующих различные зоны Френеля. На третьем участке происходит снижение амплитуды, связанное с рассеянием следа.

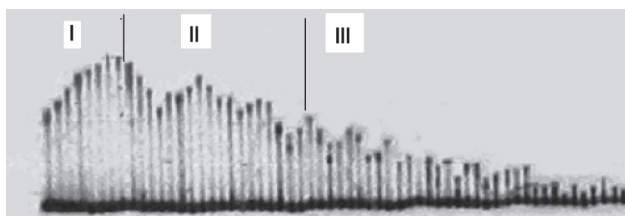


Рис. 1. Вид экспериментальной АВХ

Интервал между максимумами на II участке АВХ позволяет найти проекцию скорости метеорной частицы на плоскость фронта падающей волны. Традиционно для этого использовалась методика, изложенная в [5], основанная на ручном измерении этих интервалов. При обработке большого количества АВХ эта методика оказывается слишком медленной и неэффективной. В данной работе предлагается методика, основанная на моделировании «искусственной» АВХ для последующего сопоставления с экспериментальной.

Согласно [5], АВХ на I и II участках может быть аналитически представлена как

$$I(\tau) = \left| \frac{1}{\sqrt{2}} \int_{-\infty}^{x_0} e^{j\frac{\pi}{2}x^2} e^{-\Delta(x_0-x)} dx \right|, \quad (1)$$

где x_0 — величина, связанная с положением головы следа s_0 выражением $x_0 = \frac{2s_0}{\sqrt{R\lambda}}$, а $\Delta = \frac{8\pi^2 D \sqrt{R}}{V \sqrt{\lambda^3}}$ включает в себя длину волны λ , вышеуказанную проекцию скорости V , расстояние до следа R и коэффициент амбиполярной диффузии D . Для упрощения моделирования нижний предел интегрирования в (1) можно заменить на конечную величину, а само выражение записать в виде корня из суммы действительной и мнимой его частей. Тогда выражение, задающее модель метеорной АВХ можно записать в виде:

$$I_m = A_n \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{x_0} \cos\left(\frac{\pi}{2}x^2\right) e^{-\Delta(x_0-x)} dx \right)^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{x_0} \sin\left(\frac{\pi}{2}x^2\right) e^{-\Delta(x_0-x)} dx \right)^2}, \quad (2)$$

где A_n — нормированное значение амплитуды.

При моделировании анализировалось поведение АВХ при изменении Δ как единого параметра (без рассмотрения причин изменения самого Δ). На рис. 2 приведены результаты моделирования для $\Delta = 0; 0,25; 0,5; 1; 1,25$.

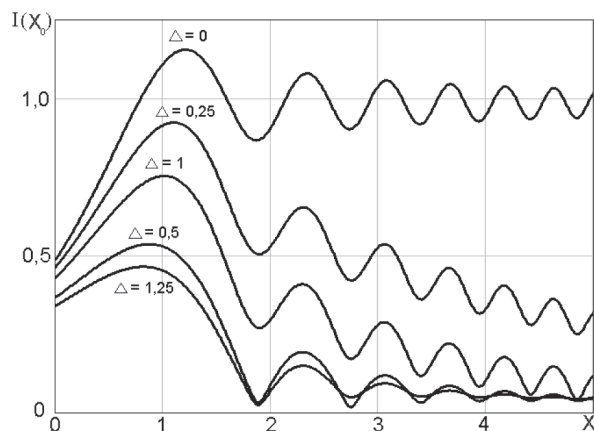


Рис. 2. Результаты моделирования метеорных АВХ

Современные ЭВМ позволяют быстро произвести расчет по (2) с требуемым шагом значений Δ , до наилучшего совпадения с экспериментальной кривой. Сравнение можно производить с использованием метода корреляционной обработки, применяемого для распознавания АВХ и представленного в [3, 4].

На рис. 3 приводятся этапы обработки для экспериментальных АВХ, рассеянных на ненасыщенных метеорных следах. Во-первых, следовало выполнить их предварительную графическую обработку для повышения качества фотоизображения и избавления от дефектов пленки (рис. 3,а). Далее отредактированное изображение при помощи алгоритма, описанного в [3], оцифровывалось (рис. 3,б).

Для сопоставления модельных и экспериментальных данных требовалось одинаковое количество временных отсчетов. Для этого следовало интерполировать экспериментальную кривую посредством кубического сплайна (рис. 4), где A_n — нормированное значение амплитуды, а N — номер отсчета.

Так как модель, описанная формулами (1, 2) имеет 3 параметра (нормированное значение амплитуды A_n , величину, связанную с положением головы следа x_0 , и параметр Δ , влияющий на форму кривой), требовалось выбрать критерии сравнения расчетных и экспериментальных данных для каждого параметра модели. Сложность моделирования состоит в том,

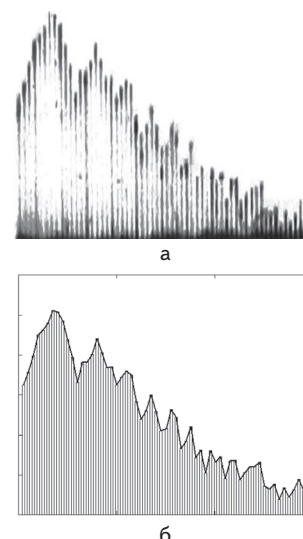


Рис. 3. Оцифровка экспериментальной АВХ: а — вид АВХ после графической обработки; б — вид оцифрованной АВХ

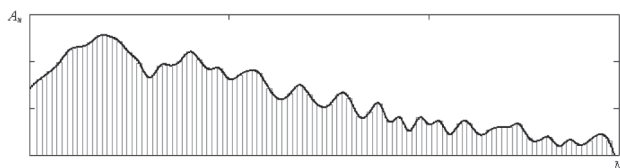
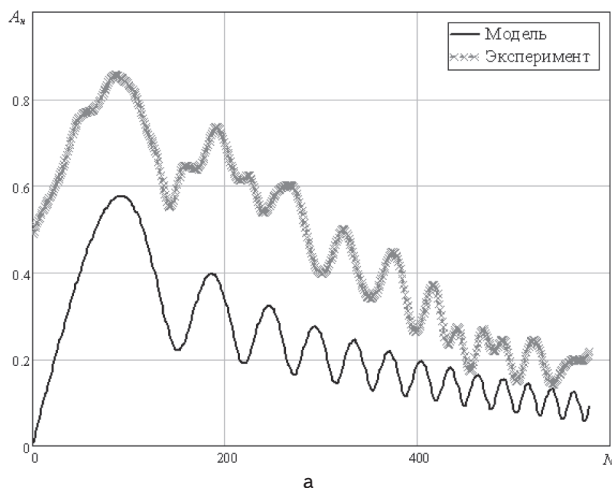


Рис. 4. Интерполяция экспериментальной кривой кубическим сплайном

что независимым является только один параметр модели A_n , а два других параметра x_0 и Δ связаны между собой сложной функциональной зависимостью.

В качестве предварительной оценки параметров модели для сравнения модельных и экспериментальных данных вычислялась их корреляционная функция, которая позволила задать значения x_0 и Δ (рис. 5,а).

После предварительной подгонки параметров x_0 и Δ для определения независимого параметра модели A_n предлагается использовать линейную регрессию, уравнение которой имеет вид $y(x) = a + b \cdot x$, а коэффициенты a и b задают смещение линии регрессии по вертикали и наклон линии регрессии соответственно. Найденные



коэффициенты уравнения линейной регрессии определяют оптимальное значение независимого параметра модели A_n (рис. 5,б).

На рис. 5 представлены модельная и экспериментальная АВХ для значения параметров модели $\Delta = 0,25$, а так же коэффициентов линейной регрессии $a = 0,163$ и $b = 1,315$. Как видно из графика имеется сходство экспериментальной и модельной зависимостей, что позволяет сделать вывод о том, что найденные коэффициенты приращи и экспериментальной АВХ.

Следующим этапом в обработке и сопоставлении расчетных и экспериментальных метеорных АВХ может быть уточнение зависимых параметров модели x_0 и Δ .

3. Выводы

В работе приведены результаты моделирования метеорных АВХ и предложен способ сопоставления экспериментальных и расчетных метеорных амплитудно-временных характеристик.

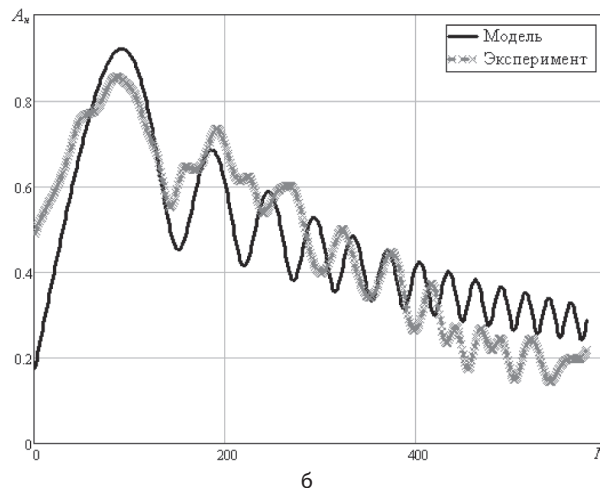


Рис. 5. Вид модельной и экспериментальной метеорной АВХ: а — предварительная подгонка параметров модели по корреляционной функции; б — модельная и экспериментальная АВХ после линейной регрессии

Литература

1. Мак-Кинли Д. Методы метеорной астрономии [Текст] / Д. Мак-Кинли. — М.: Мир, 1964. — 383 с.
2. Антипов И. Е. Возможности метеорных радиолокационных исследований в изучении причин изменения климата [Текст] / И. Е. Антипов, Н. О. Сорох, А. И. Шкарлет // Современные проблемы и достижения в области радиотехники, телекоммуникаций и информационных технологий. — Запорожье. — 2010. — С. 28–30.
3. Антипов И. Е. Современные средства и методы радиолокационных метеорных исследований [Текст] / И. Е. Антипов, А. А. Костыря, А. И. Шкарлет // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. 2010. — Вып. 160. — С. 39–46.
4. Антипов И. Е. Автоматизированный алгоритм распознавания и анализа метеорных АВХ [Текст] / И. Е. Антипов, Е. Ю. Бондарь, О. А. Соляник, Н. О. Сорох // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. 2011. — Вып. 165. — С. 56–62.
5. Кашеев Б. Л. Метеорные явления в атмосфере Земли [Текст] / Б. Л. Кашеев, В. Н. Лебединец, М. Ф. Лагутин. — М.: Изд-во «Наука», 1967. — 260 с.