

УДК 621.37.+551.553.5

А.Н. Олейников, Ю.В. Лыков, В.Д. Кукуш, А.И. Шкарлет

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРНЫХ ОТРАЖЕНИЙ СИГНАЛОВ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ РАЗНЕСЕННОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

Проведен годичный цикл экспериментальных исследований параметров метеорных отражений сигналов телевизионного вещания разнесенной радиолокационной системой. Полученные результаты хорошо коррелируются с результатами других исследователей. Рассмотренный измерительный комплекс показал высокую эксплуатационную надежность, а также за счет предложенной методики обработки более корректно идентифицирует метеорные отражения, чем аналогичные комплексы. Предложена методика для более эффективного выявления слабых метеорных потоков.

Ключевые слова: метеорный след, метеорная активность, телевизионная вещательная станция, амплитудно-временная характеристика, Global Meteor-Scatter Network.

Введение

В настоящее время в рамках программы «Global Meteor-Scatter Network» в мире действует сеть автоматических станций учёта метеорной активности, которая в качестве зондирующего излучения использует сигналы ТВ и радиовещательных станций. Целью программы является выявление кратковременного (0,5...2 часа) увеличения метеорной активности, которое вызывается потоками, связанными с долгопериодическими кометами. Эти кометы потенциально опасны с точки зрения столкновения с Землёй, а обнаружить их можно, только наблюдая связанные с ними метеорные потоки.

В сентябре 2008г. на Балаклеевском полигоне ХНУРЭ введена в действие метеорная станция с

расширенными возможностями, работающая по программе «Global Meteor-Scatter Network», в которой применены новые алгоритмы обработки сигналов, отраженных от метеорных следов, позволяющие более корректно идентифицировать сигналы. Режим работы станции – круглогодичный (24 часа в день/7 суток в неделю).

Описание измерительного комплекса

Состав измерительного комплекса представлен на рис. 1. В результате проведенного анализа сторонних источников радиоизлучения [1] был выбран Останкинский телецентр, излучающий телевизионный сигнал на частоте 49,75МГц и находящийся на расстоянии 710км от приемного пункта.

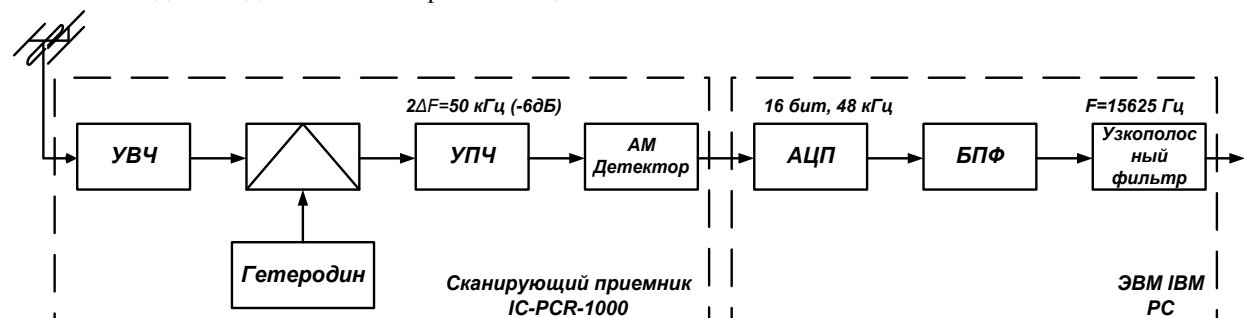


Рис. 1. Состав измерительного комплекса

В структуре телевизионного сигнала требованию постоянства амплитуды удовлетворяют неинформационные сигналы – гасящие и синхронизирующие импульсы. В отличие от кадровых, строчные синхроимпульсы (ССИ) и строчные гасящие импульсы (СГИ) обладают большей частотой повторения (15625Гц), что позволяет получить более точную структуру амплитудно-временной характеристики (АВХ) отраженного сигнала. Так как амплитуда первой гармоники последовательности

прямоугольных импульсов пропорциональна амплитуде импульса, то для получения АВХ сигналов, отраженных от метеорных следов, достаточно измерять только амплитуду первой гармоники [2]. Для получения фазо-временных характеристик (ФВХ) определяется производная от фазы первой гармоники ССИ. Методика обработки основывается на гармоническом анализе. Сигнал с выхода приемника оцифровывается и с помощью быстрого преобразования Фурье выделяется гармоника на частоте

15625Гц, соответствующая частоте повторения строчных гасящих импульсов. Для сглаживания экстремумов сигнал проходит через ФНЧ.

Результаты эксперимента

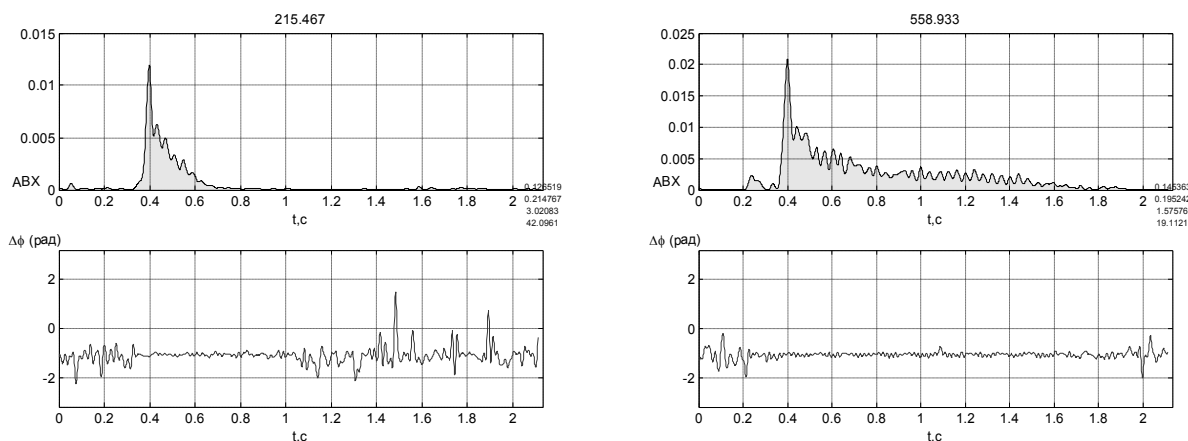
В результате проведения экспериментальных исследований характеристик телевизионных сигналов были получены вариации среднечасового и среднесуточного хода численности метеорных отражений, а также представлены распределения по длительности и по амплитуде метеорных отраже-

ний. Результаты эксперимента представлены за годичный цикл наблюдений (с 1.09.2008 по 1.09.2009), в котором зафиксировано более 200000 метеорных отражений.

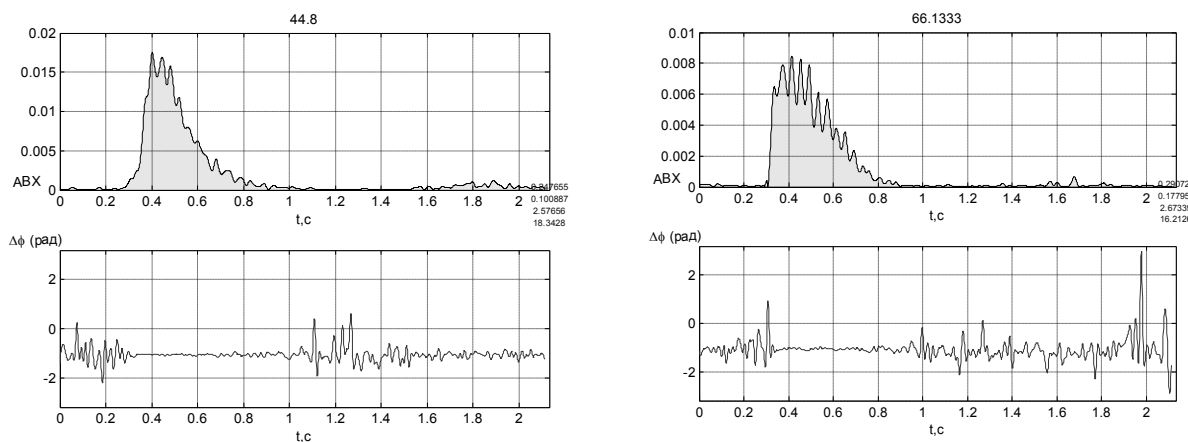
Получены следующие статистические данные: число зафиксированных метеорных отражений – 240000; среднее число метеорных отражений в день – 660; среднее число метеорных отражений в час – 28; средняя длительность метеорного отражения – 0,11с.

Для примера на рис. 2 показаны временные характеристики сигналов ТВ вещательных станций,

Пример отраженного сигнала от ненасыщенного следа



Пример отраженного сигнала от следа промежуточного типа



Пример отраженного сигнала от насыщенного следа

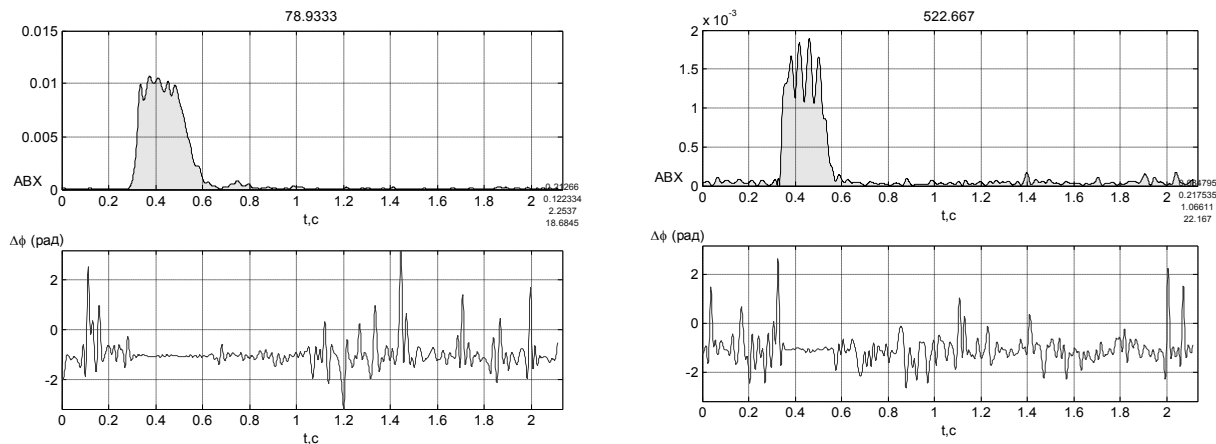


Рис. 2. Временные характеристики (амплитудно-временная и временная вариация приращения фазы) сигналов ТВ вещательных станций отраженных от метеорных следов

отраженных от метеорных следов (выбраны с 10-ти минутного интервала с 7⁰⁵ до 7¹⁵ 10.12.2008) трех типов: ненасыщенных, промежуточного типа, насыщенных. Кривая приращения фазы служит дополнительным критерием идентификации метеорного отражения.

Распределение по амплитуде и длительности отраженного сигнала представлено на рис. 3, а и рис. 3, б соответственно.

Вариации среднечасовой численности метеорных отражений приведены на рис. 4.

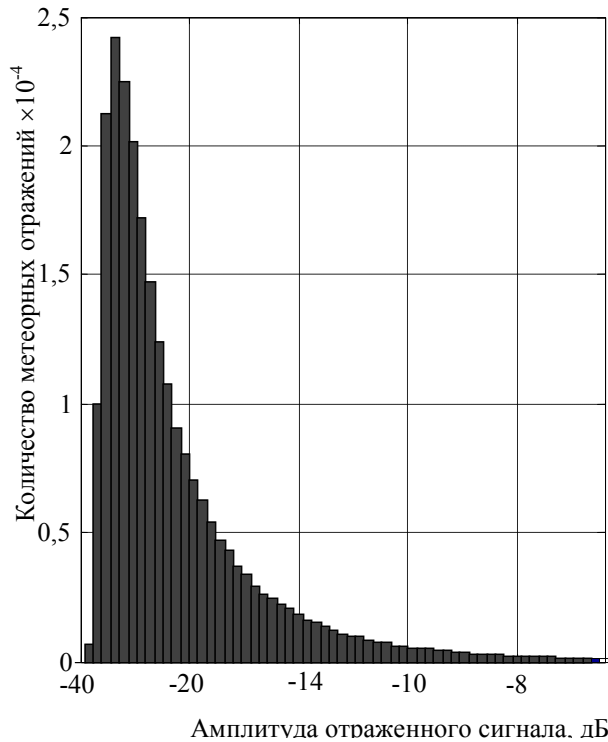


Рис. 3, а. Распределение по амплитуде отраженного сигнала

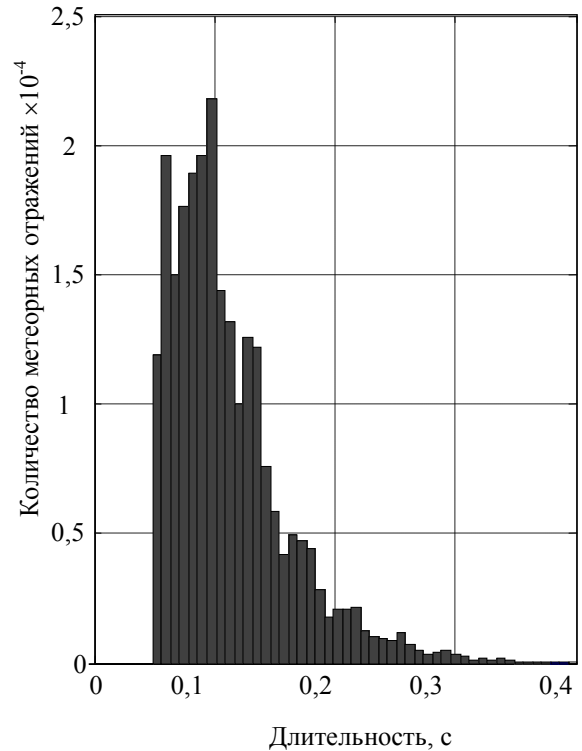


Рис. 3, б. Распределение по длительности отраженного сигнала

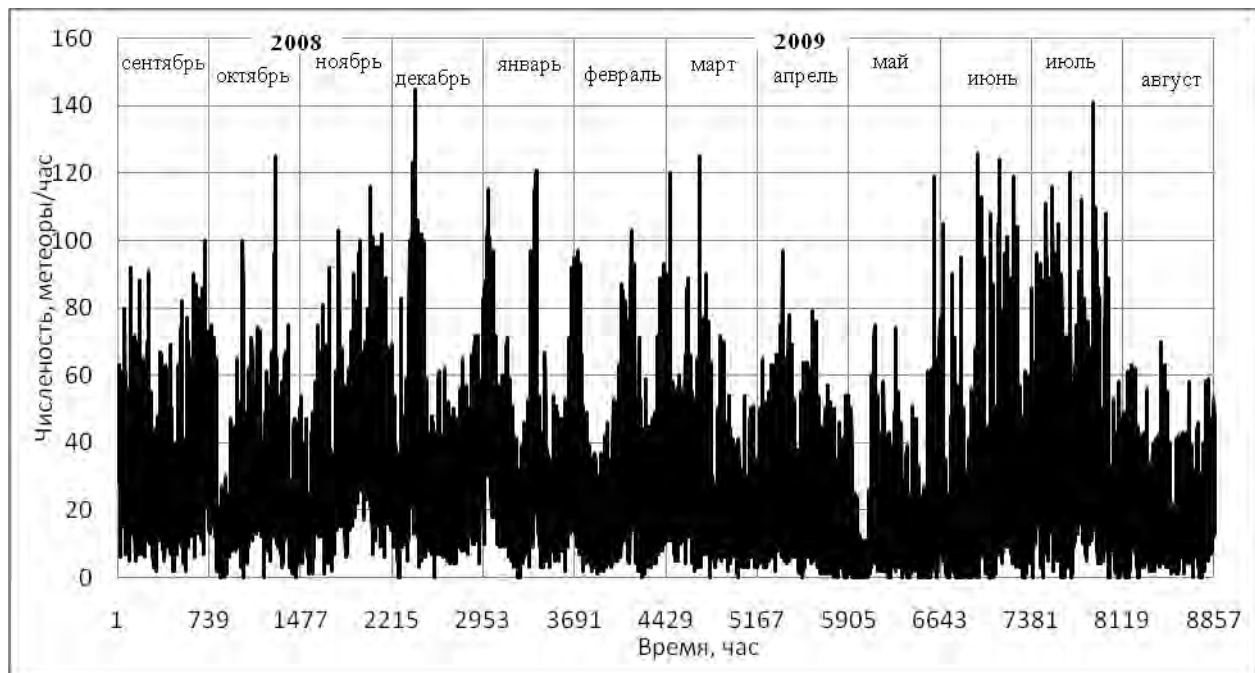


Рис. 4. Вариации среднечасовой численности метеорных отражений

Вариации среднесуточной численности метеорных отражений изображены на рис. 5. Действующие потоки, указанные в рис. 5, привязывались

к локальному максимуму, а конкретный поток выбирался из каталогов [3 – 6] по критерию максимума активности в данный временной период.

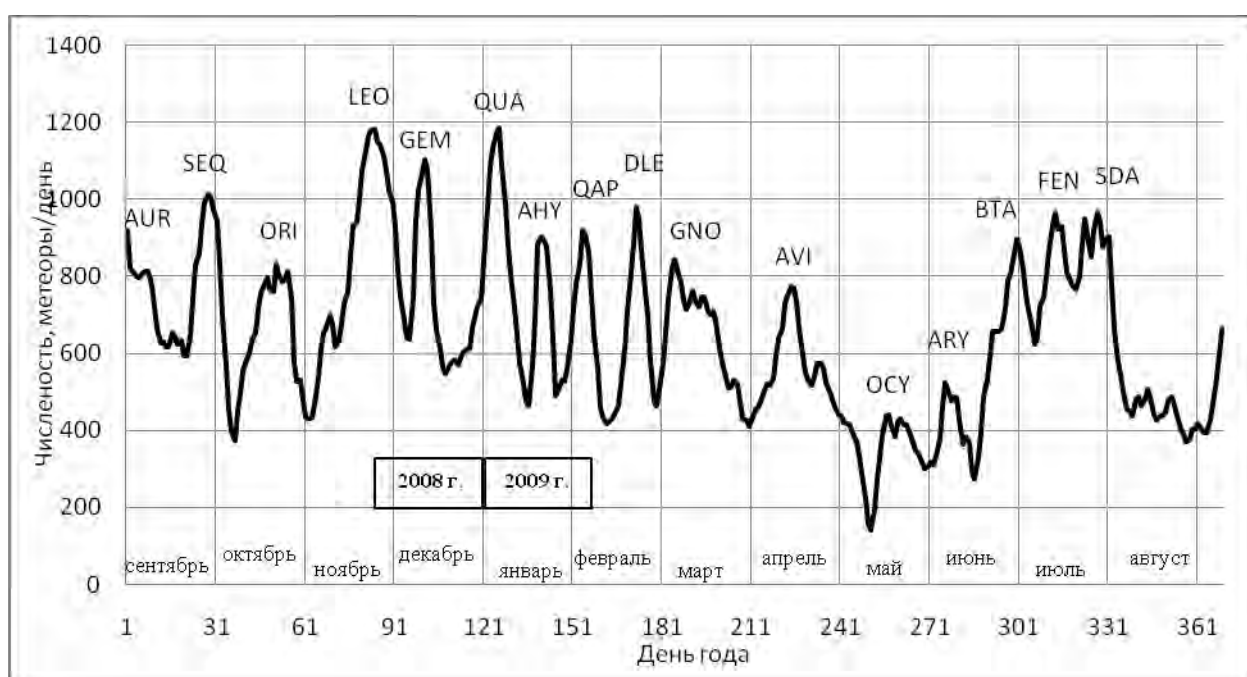


Рис. 5. Вариации среднесуточной численности метеорных отражений с указанными действующими потоками

Сокращения, принятые в рис. 5:

AUR – Ауригиды	DLE – дельта-Леониды
SEQ – Секстантиды	GNO – гамма-Нормиды
ORI – Ориониды	AVI – альфа-Виргиниды
LEO – Леониды	OCY – омикрон-Цитиды
GEM – Гемениды	ARY – Ариетиды
QUA – Квадрантиды	BTA – бета-Тауриды
ANY – альфа-Гидриды	FEN – июльские-Фенициды
QAP – Каприкорниды	SDA – южные дельта-Аквариды

Как видно из рис. 5, практически все сильные метеорные потоки были обнаружены.

Сравнительный анализ результатов исследования метеорной активности

Представляет интерес сравнение результатов, полученных различными исследователями.

На рис. 6, а приведена вариация среднесуточной численности метеорных отражений, полученная исследователями в рамках программы «Global Meteor-Scatter Network (GMSN)» [7]. Так как в эксперименте одновременно участвовали от 14 до 17 исследователей, то были отобраны результаты 5 исследователей, принимающих участие целый год. Также на рисунке представлены усредненные результаты вариации среднесуточной численности метеорных отражений, полученные группой исследователей GMSN (кривая Mean GMSN).

На рис. 6, б приведено сравнение усредненных результатов вариации среднесуточной численности метеорных отражений, полученных группой исследователей GMSN, с результатами, полученными в ХНУРЭ 2008–2009 г. с помощью разнесенной системы радиолокации метеорных следов (рис. 5) (кривая KNURE FSMR) и результатами за 1974–1975 г.,

полученными с помощью комплекса MAPC (кривая KNURE MARS).

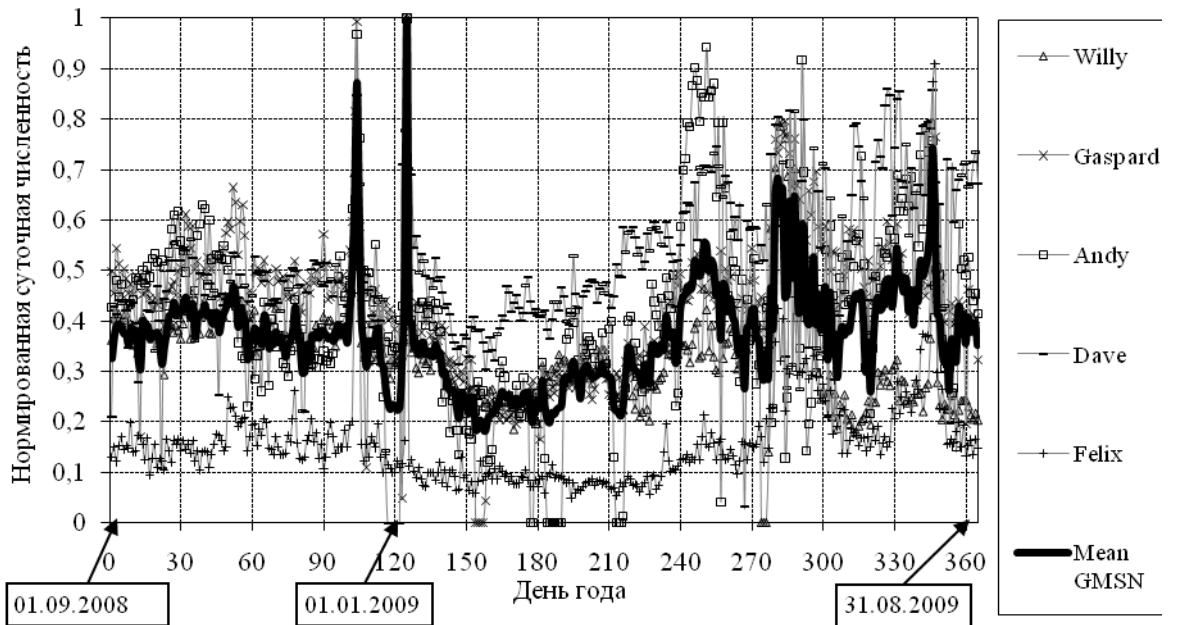
На рис. 7 изображены результаты сравнения суточной вариации среднечасовой численности метеорных отражений, полученные разными исследователями.

На рис. 8 изображены результаты сравнения сезонной вариации среднemesячной численности метеорных отражений, полученные разными исследователями.

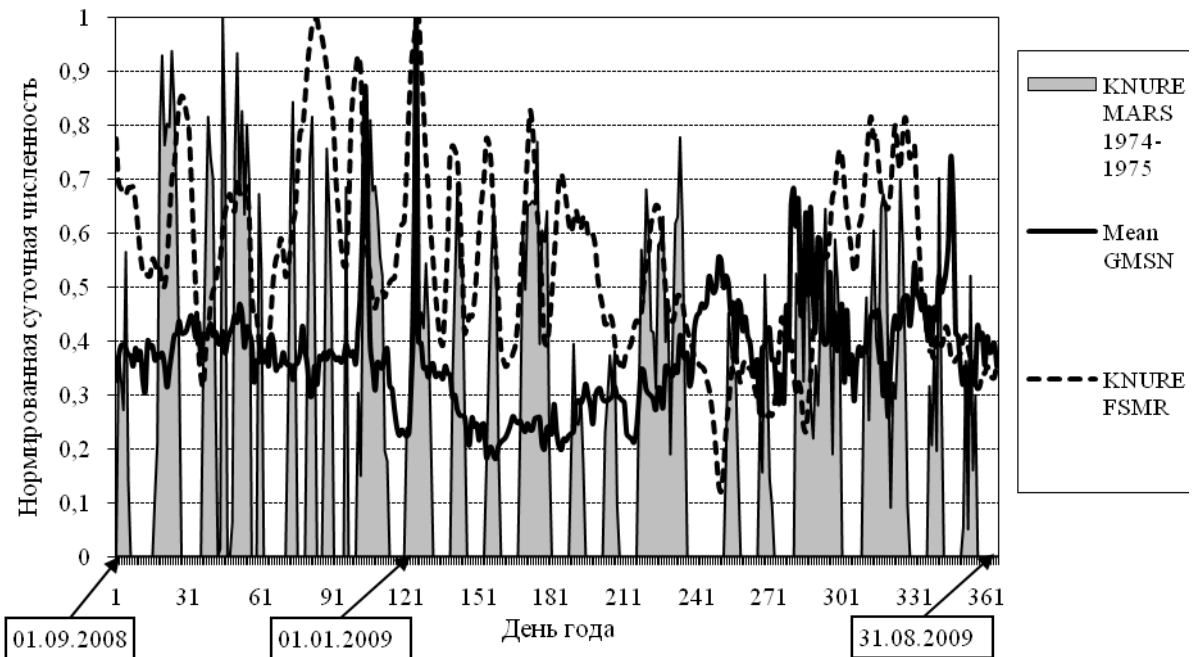
Методика выявления слабых метеорных потоков

Из рис. 5 видно, что отношение численности метеорных отражений в сутки во время действия сильных метеорных потоков в 1,5...2 раза превышает среднесуточное значение (660). Для более слабых потоков это превышение еще меньше. Суточный ход численности метеорных отражений имеет характерный вид (рис. 7), который изменяется во время действия метеорных потоков.

Для выявления потоков может быть предложена следующая методика, суть которой заключается в следующем:



а



б

Рис. 6. Вариация среднесуточной численности метеорных отражений

– определяется осредненный суточный ход численности спорадических метеоров;

– определяется спектр суточного хода численности спорадических метеоров и принимается как эталонный;

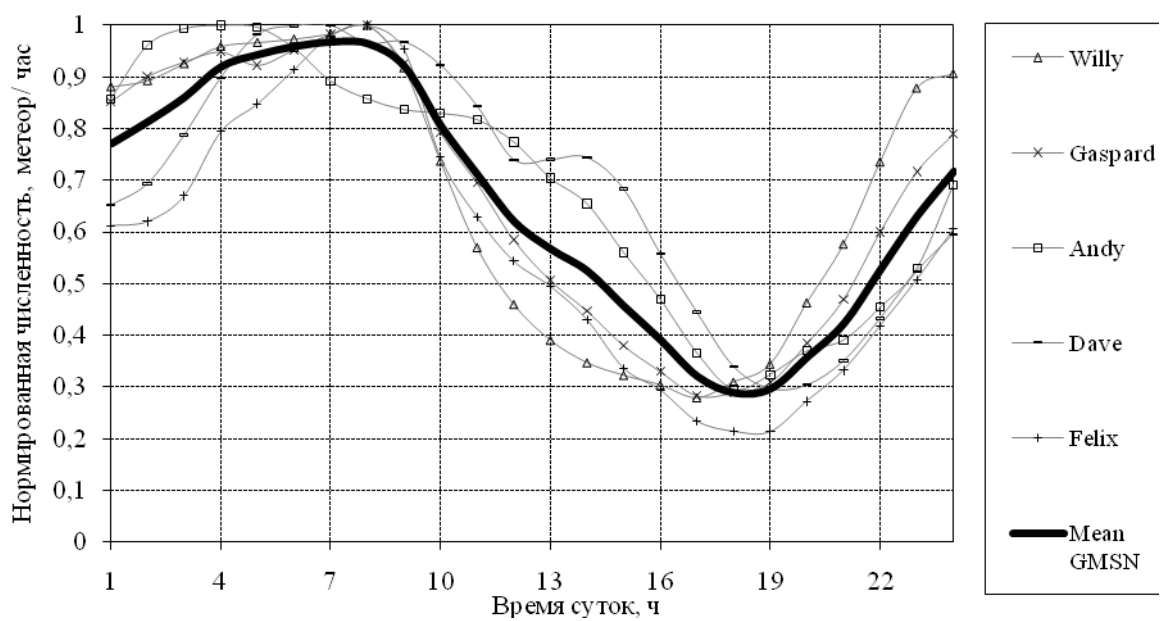
– сравнивается спектр суточного хода численности метеорных отражений с эталонным спектром, в случае разницы, превышающей некоторое пороговое значение, принимается решение о наличии потока.

Усредненный суточный ход численности метеорных отражений за весь период измерений изображен на рис. 9.

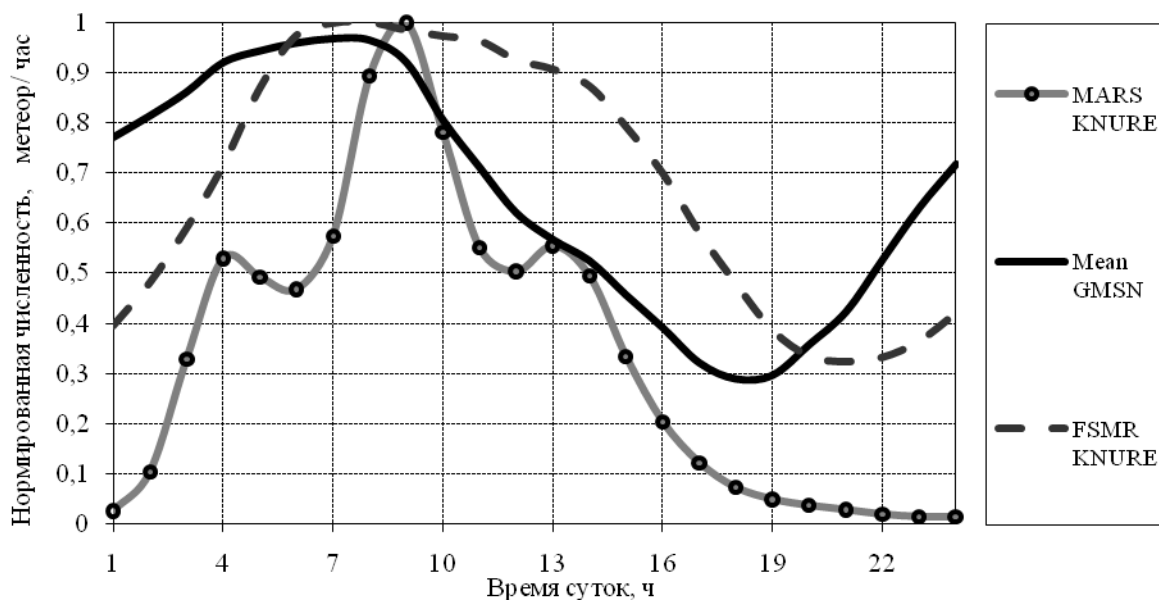
Для построения усредненного суточного хода численности отражений от спорадических метеоров (рис. 10) были отобраны дни, в которых отсутствуют известные крупные метеорные потоки: 12.09. – 21.09.2008; 05.10. – 7.10.2008; 9.10. – 10.10.2008; 28.10. – 4.11.2008; 15.12. – 22.12.2008; 12.01. – 16.01.2009; 21.01. – 30.01.2009; 8.02. – 16.02.2009; 25.02. – 28.02.2009; 21.03. – 28.03.2009; 30.03. – 10.04.2009; 24.05. – 2.06.2009; 11.06. – 17.06.2009. Суммарное количество дней – 86.

Для этого использовались каталоги метеорных потоков Гари Кронка [3], кроме того, для сравнения

по ряду потоков представлены сведения IMO (Международной метеорной организации) [4] и DMS (Датского метеорного общества) [5], а также каталог Ю.И. Волощука [6].



а



б

Рис. 7. Суточная вариация среднечасовой численности метеорных отражений

Из рис. 10 видно, что вид суточного хода численности спорадических метеоров близок к синусоидальному, поэтому спектр будет содержать одну гармоническую составляющую.

Для примера построим суточный ход для некоторых известных метеорных потоков.

Усредненный суточный ход численности отражений от метеоров потока Гемениды (данные за период 8.12.2008 – 13.12.2008) изображен на рис. 11.

Усредненный суточный ход численности отражений от метеоров потока Квадрантиды (данные за

период 2.01.2009 – 5.01.2009) изображен на рис. 12.

На рис. 13 – 15 показаны АЧС и ФЧС суточного хода численности метеорных отражений для разных потоков.

Для более корректного поиска метеорных потоков необходимо также учитывать и ФЧС, а именно фазу первой гармоники. Максимум потока Гемениды по данным [4] приходится на 5ч. 10мин. (+/- 2,3ч.) местного времени, а максимум потока Квадрантиды на 12ч 50мин, что хорошо согласуется с полученными результатами.

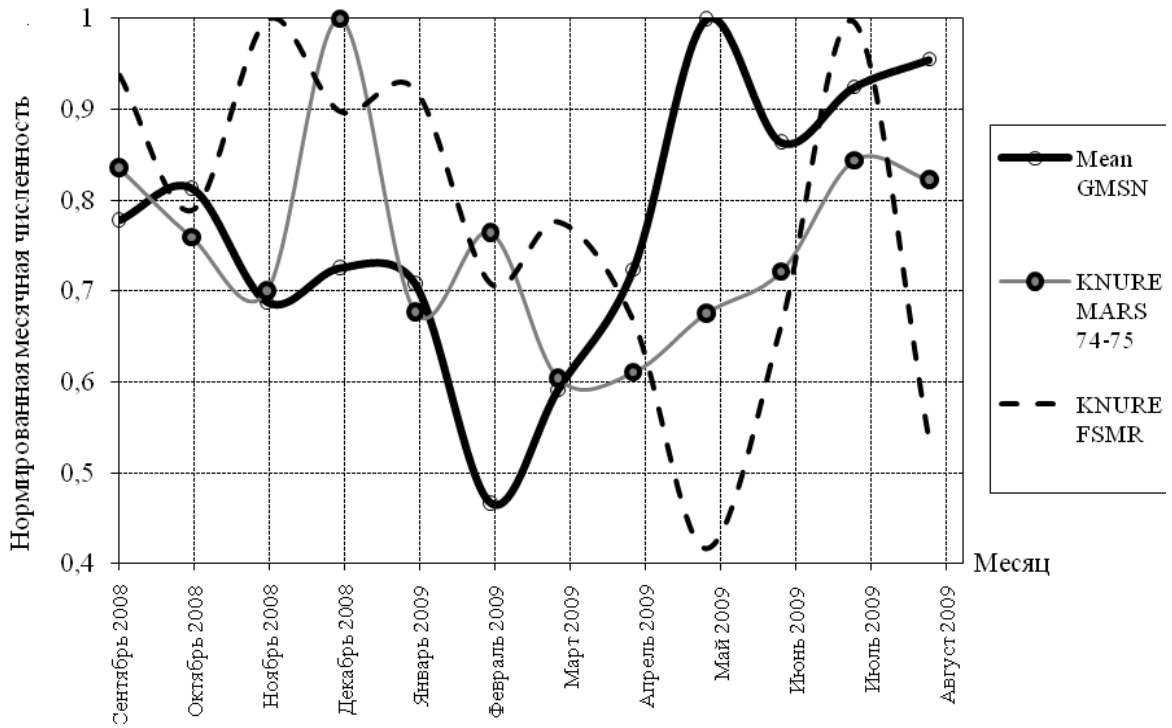


Рис. 8. Сезонная вариация среднеемесячной численности метеорных отражений

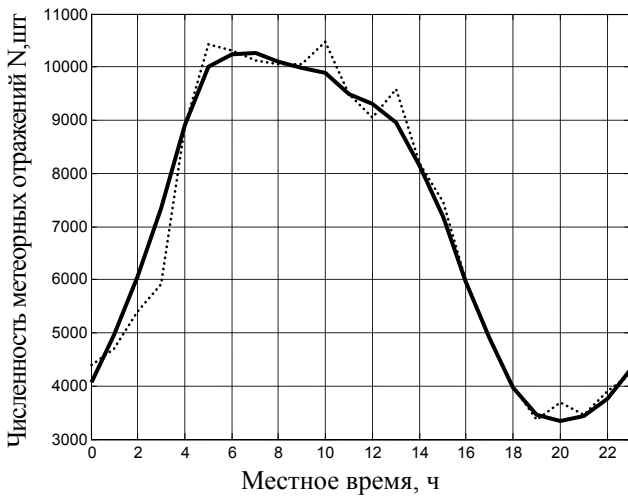


Рис. 9. Усредненный суточный ход численности метеорных отражений за весь период измерений

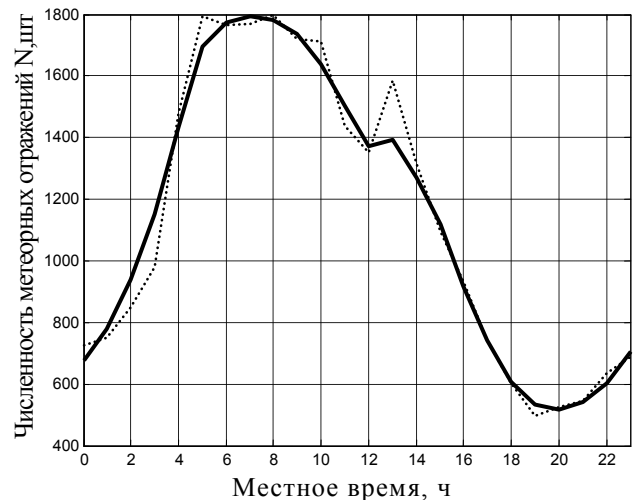


Рис. 10. Усредненный суточный ход численности отражений от спорадических метеоров

Количественной оценкой наличия метеорного потока может служить коэффициент гармоник (K_g).

В результате расчета были получены коэффициенты гармоник для следующих случаев:

- спорадические $K_g=0,18$;
- поток Гемениды $K_g=0,48$;
- поток Квадрантиды $K_g=0,62$.

В результате пороговым значением может быть величина коэффициента гармоник в диапазоне 0,25...0,4.

Выводы

Результаты эксперимента показали потенциальную возможность использования сторонних источников излучения в качестве зондирующих сигналов для исследования метеорных потоков.

Рассмотренный измерительный комплекс FSMR показал высокую эксплуатационную надежность, а также за счет предложенной методики обработки более корректно идентифицирует метеорные отражения, чем аналогичные комплексы.

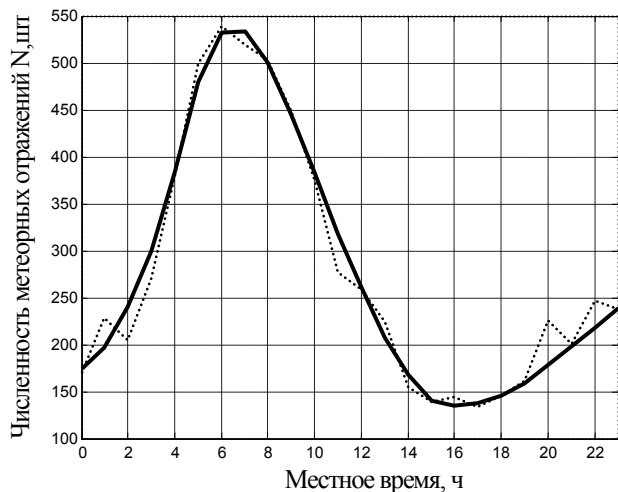


Рис. 11. Усредненный суточный ход численности отражений от метеоров потока Геминиды

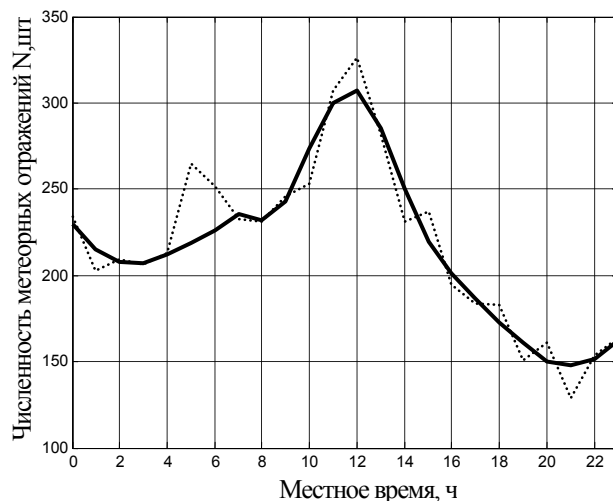


Рис. 12. Усредненный суточный ход численности отражений от метеоров потока Квадрантиды

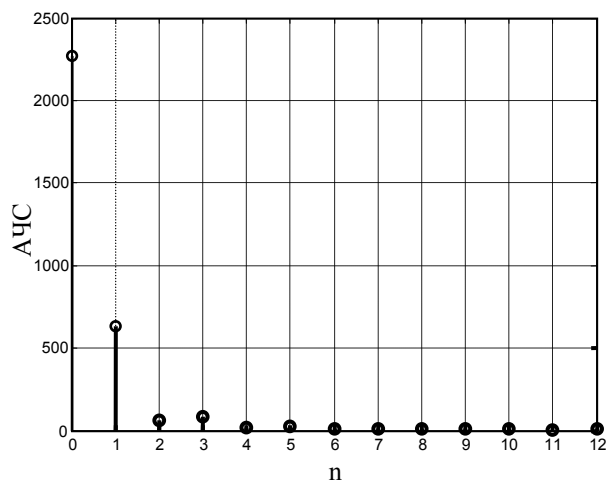


Рис. 13. АЧС и ФЧС суточного хода численности спорадических метеоров

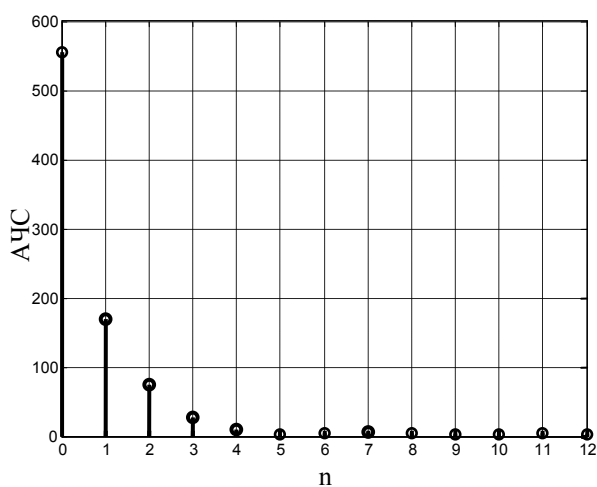
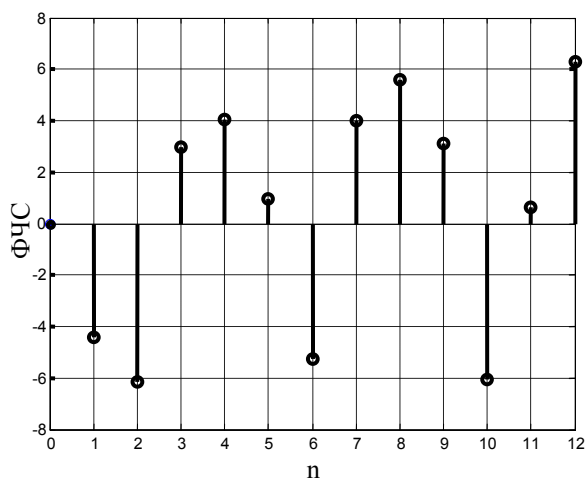
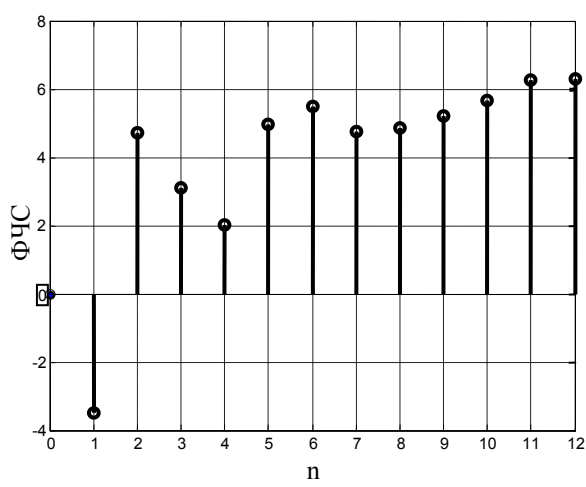


Рис. 14. АЧС и ФЧС суточного хода численности метеоров потока Геминиды



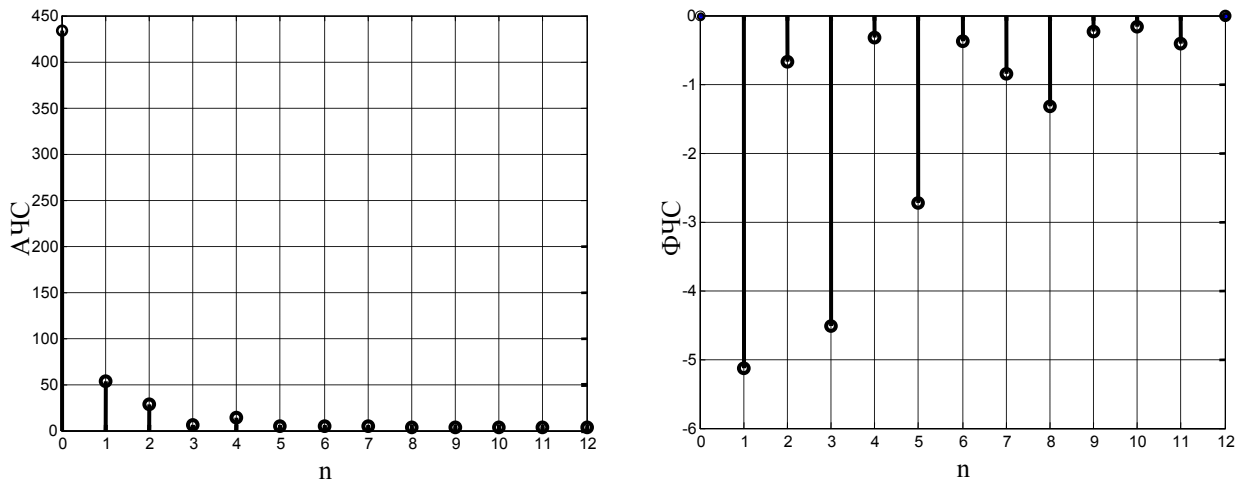


Рис. 15. АЧС и ФЧС суточного хода численности метеоров потока Квадрантиды

Предложена методика для более эффективного выявления слабых метеорных потоков. Следующим этапом развития малозатратных исследований метеорных явлений является построение метеорных радиолокационных систем определения орбит индивидуальных метеоритов.

Список литературы

1. Олейников А.Н. Повышение эффективности разнесенной системы радиолокации метеорных следов / А.Н. Олейников, Ю.В. Лыков, В.Д. Кукуш // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – 2009. – №157. – С. 5-12.
2. Лыков Ю.В. Синтез оптимального обнаружителя и измерителя АВХ ТВ сигналов отраженных от метеорных следов / Ю.В. Лыков, А.Н. Олейников // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – 2009. – №158. – С. 5-12.
3. Каталог метеорных потоков. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.maa.agleia.de/Comet/meteors/showers/>

4. Каталог метеорных потоков ИМО. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: www.imo.net.

5. Каталог метеорных потоков DMS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.xs4all.nl/~7Edmsweb/datalist/datalist.html>.

6. Горелов Д.Ю. Новый алгоритм оценки пространственной плотности потоков метеоров в подсистеме автоматического определения радиантов и орбит метеорных тел радиолокационного комплекса МАРС ХНУРЭ / Д.Ю. Горелов, Ю.И. Волощук // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – 2008. – Вып. 152. – С. 61-71.

7. Global Meteor-Scatter Network. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: www.rmob.org.

Поступила в редколлегию 8.01.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.А. Коваль, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕТЕОРНИХ ВІДБИТТІВ СИГНАЛІВ ТЕЛЕВІЗІЙНОГО МОВЛЕННЯ РОЗНЕСЕНОЮ РАДІОЛОКАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

А.М. Олейніков, Ю.В. Лыков, В.Д. Кукуш, О.І. Шкарлет

Проведено річний цикл експериментальних досліджень параметрів метеорних відбиттів сигналів телевізійного мовлення рознесеною радіолокаційною системою. Отримані результати добре корелюються із результатами інших дослідників. Розглянутий вимірвальний комплекс показав високу експлуатаційну надійність, а також завдяки запропонованій методиці обробки більш коректно ідентифікує метеорні відбиття, ніж аналогічні комплекси. Запропонована методика для більш ефективного виявлення слабких метеорних потоків.

Ключові слова: метеорний слід, метеорна активність, телевізійна мовна станція, амплітудно-часова характеристика, Global Meteor-Scatter Network.

SURVEY OF PARAMETERS OF METEORIC REFLECTIONS OF SIGNALS OF TELEVISION BROADCASTING BY THE FORWARD SCATTER RADAR

A.N. Oleynikov, Y.V. Lykov, V.D. Kukush, A.I. Shcarlet

The year cycle of experimental researches of parameters of meteoric reflections of signals of television broadcasting by means of the diverse radar-tracking system has been conducted. Gained results are well correlated with results of other researchers. The observed measuring complex has shown high operate reliability. Besides at the expense of the offered procedure processing of signals identifies meteoric reflections, than analogous complex more correctly. The procedure for more effective detection of weak meteor showers is offered.

Keywords: meteor track, meteor activity, televisional broadcasting station, peak-temporal description, Global Meteor-Scatter Network.