

К ВОПРОСУ О РАДИОЛОКАЦИОННОМ МЕТОДЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТЕОРОВ

Е. И. ФИАЛКО

(Представлено научным семинаром радиотехнического факультета)

Предварительные замечания. Постановка задачи

Знание закона распределения метеорных тел по массе необходимо для решения весьма важных проблем: определения пространственной плотности метеорного вещества; выяснения влияния метеорной ионизации на состояние ионосферы (и, в частности, подтверждения метеорной гипотезы о происхождении спорадического слоя E в средних широтах), на условия радиосвязи и т. д.

Распределение метеоров по массе обычно аппроксимируется степенным законом [1, 3]

$$p(m) = \frac{b}{m^S}, \quad (1)$$

где m — масса метеора,
 b и S — константы.

Значение S может быть определено из визуальных наблюдений, однако при этом необходимо вносить существенные коррективы в связи с субъективностью визуальных наблюдений [5].

Кроме того, визуальные наблюдения могут выявить закон распределения в области сравнительно ярких метеоров, в то время как более существенным является выяснение распределения в области малых масс. Это тем более существенно, что по наблюдениям над зодиакальным светом число мелких частиц в межпланетном пространстве значительно больше, чем это следует из (1) для S , полученных из визуальных наблюдений [1, 5].

Радиолокационные наблюдения могут дать возможность устранить это противоречие и позволят не только уточнить величину показателя S , но и уточнить также и форму закона распределения метеорных масс, который, по-видимому, аппроксимируется более сложной функцией, чем (1).

Кайзер [3, 4, 5] разработал методику определения коэффициента S , основанную на сравнении часовых чисел метеоров.

Используя экспериментальные данные Мак-Кинли [6], Кайзер нашел, что для спорадических метеоров $S \approx 2$, а для потока Квадрантид $S \approx 1,7$ (ранее Ловелл [2] нашел, что для Квадрантид $S \approx 1$).

В этих экспериментах [6] периодически изменялась мощность передатчика, а также использовались две радиолокационные станции с различными мощностями и несколько различающимися длинами волн.

Определение S по часовым числам, полученным на двух локаторах с существенно различными длинами волн, нуждалось бы в уточнении, т. к. нуждается в уточнении зависимость часового числа метеоров от длины волны.

Определение S из сравнения часовых чисел, полученных локаторами с разными мощностями передатчиков, связано с необходимостью иметь 2 (или более) радиолокационные станции.

Определение S при помощи одной станции с регулируемой мощностью передатчика связано с техническими затруднениями, если требуется изменять мощность в широких пределах (для изучения распределения в широком диапазоне метеорных масс).

В связи с этим желательно разработать простой, оперативный способ определения S при наличии одного радиолокатора.

Основные соотношения

Кайзер показал [3, 4], что отношение часовых чисел метеоров, обнаруженных двумя радиолокаторами, обладающими идентичными характеристиками направленности антенных систем, может быть найдено по приближенной формуле:

$$\frac{N_1}{N_2} = \left[\frac{P_1 \cdot \lambda_1^3}{\varepsilon_1} \cdot \frac{\varepsilon_2}{P_2 \cdot \lambda_2^3} \right]^{\frac{S-1}{2}}, \quad (2)$$

где N — среднее число метеоров, обнаруженных радиолокатором в единицу времени (например, за 1 час);

P — пиковая мощность, излучаемая передатчиком;

λ — длина волны;

ε — мощность порогового сигнала приемника;

S — константа, характеризующая распределение метеоров по массе; индексы 1 и 2 относятся, соответственно, к первой и второй радиолокационным станциям.

Таким образом, имея 2 (или более) радиолокатора с различными параметрами, можно, сравнивая часовые числа, находить значения S .

Но тот же результат можно получить, имея один радиолокатор при наличии двух приемников (с различной реальной чувствительностью) или один приемник с регулировкой порогового сигнала

$$\frac{N_1}{N_2} = \left[\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \right]^{\frac{S-1}{2}}, \quad (3)$$

откуда ¹⁾

$$S = 1 + 2 \cdot \frac{\lg \frac{N_1}{N_2}}{\lg \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}. \quad (4)$$

¹⁾ Формулы (2) — (4) справедливы для радиоэхо неустойчивого [5] типа. В случае же приема радиоэхо устойчивого типа [5], как нетрудно показать,

$$S = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\lg \frac{N_1}{N_2}}{\lg \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}}$$

Для определения S в области малых m необходимо работать на сравнительно больших λ , использовать остро направленную антенну и, кроме того, желательно иметь передатчик с большой мощностью излучения.

Некоторые способы вариации ϵ

Прием сигналов, отраженных от метеоров, в условиях различной реальной чувствительности может быть осуществлен несколькими способами, например:

1. Способ многоканального приема—используется несколько приемников (или один многоканальный приемник) с различными пороговыми сигналами (рис. 1 и 2).

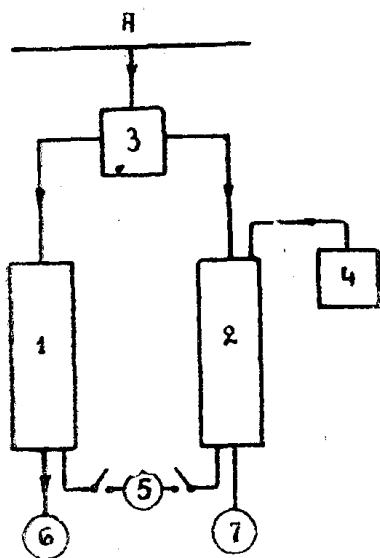


Рис. 1. Двухканальное приемное устройство с регулировкой порогового сигнала за счет использования генератора шумов.

А—антенна.
1,2—усилительные каналы.
3—предварительный усилитель.
4—генератор шумов.
5—индикатор уровней помех.
6,7—электронно-лучевые индикаторы

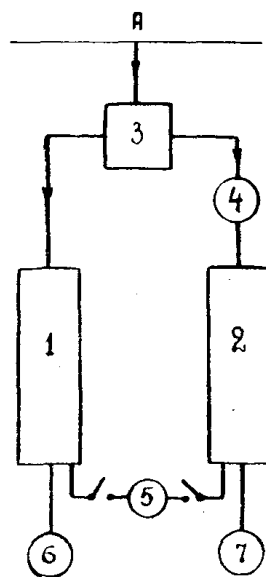


Рис. 2. Двухканальное приемное устройство с регулировкой порогового сигнала за счет использования аттенюатора.

А—антенна.
1,2—усилительные каналы.
3—предварительный усилитель.
4—аттенюатор.
5—индикатор уровней помех.
6,7—электронно-лучевые индикаторы

2. Способ одноканального приема—используется один приемник с периодическим изменением порогового сигнала (рис. 3 и 4).

Изменение порогового сигнала может осуществляться либо с помощью шумового генератора (рис. 1 и 3), либо с помощью делителя напряжения (аттенюатора) (рис. 2 и 4).

Регулировка и сравнение пороговых сигналов могут производиться при помощи простого индикатора, состоящего из детектора (или термомпары) и стрелочного прибора.

Предпочтительным является вариант одноканального приемника с периодической коммутацией генератора шумов (например, генератор включается на 1 минуту, после чего в течение 1 минуты он находится в отключенном состоянии); используется один электронно-лучевой индикатор с линейной (диаметральной) разверткой и яркостной

отметкой; фоторегистрация ведется на пленку, непрерывно движущуюся перед экраном индикатора, — в направлении, перпендикулярном линии развертки, — с малой скоростью (например, 1 см/мин).

При подключении генератора шума подается отметка (например, за перфорацию фотопленки).

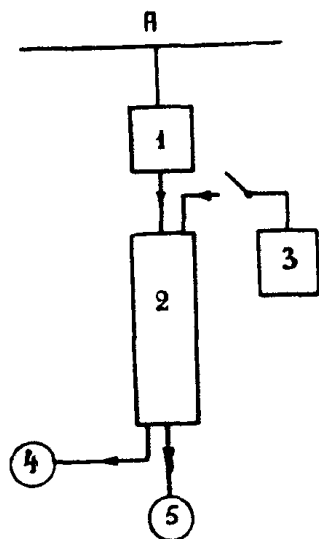


Рис. 3. Одноканальное приемное устройство с периодически включаемым генератором шумов.

- А—антенна.
- 1—предварительный усилитель.
- 2—основной усилительный канал.
- 3—генератор шумов.
- 4—индикатор уровня помех.
- 5—электронно-лучевой индикатор

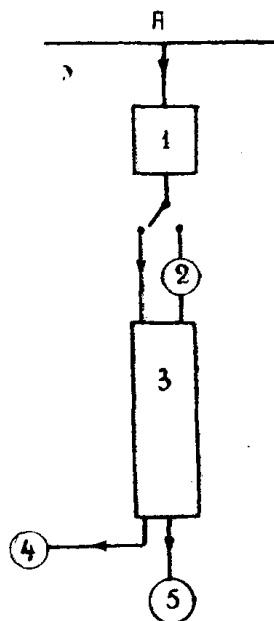


Рис. 4. Одноканальное приемное устройство с периодически включаемым аттенюатором.

- А—антенна.
- 1—предварительный усилитель.
- 2—аттенюатор.
- 3—основной усилительный канал.
- 4—индикатор уровня помех.
- 5—электронно-лучевой индикатор

Для определения N_1 и N_2 отдельно подсчитываются метеорные отражения, зарегистрированные на пленке во время, когда генератор шумов был соответственно включен или выключен.

Подсчитав N_1 и N_2 и зафиксировав отношение пороговых сигналов $\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$, находим S по формуле (4). Изменение ϵ возможно и за счет изменения уровня дискриминации, а также уровня отсчета (с использованием амплитудного отметчика).

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Б. Ю. Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе. Изд-во АН СССР, 1956.
2. Ловелл А. Метеорная ионизация и ионосферные аномалии, УФН, т. XLII, вып. 1. 1950 г.
3. Kaiser T. R. Theory of the Meteor Height Distribution Obtained from Radio—Echo Observations. I. Shower Meteors. Mon. Not. of the Royal Astr. Soc., 1954, v. 114 No. 1, p. 39.

4. Kaiser T. R. Theory of the Meteor Height Distribution Obtained from Radio—Echo Observations. II. Sporadic Meteors. Mon. Not. of the Royal Astr. Soc., 1954, v. 114, No. 1, p. 52.
 5. Kaiser T. R. Radio Echo Studies of Meteor Ionization, J. Adv. Phys., 1953, v. 2, No. 8.
 6. McKinley D. W. R. Variation of Meteor Echo Rates with Radar System Parameters, Can. Journ. Phys., 1951, v. 29, No. 5, pp. 403—426.
-