

ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕГО ЧАСОВОГО ЧИСЛА ОБНАРУЖЕННЫХ МЕТЕОРОВ ОТ ЧАСТОТЫ ПОСЫЛОК ИМПУЛЬСОВ РАДИОЛОКАТОРА

Е. И. ФИАЛКО

(Представлено научным семинаром радиотехнического факультета)

Введение

Знание зависимости часового числа обнаруженных метеоров от частоты повторения импульсов необходимо при интерпретации результатов радионаблюдений метеоров, при сравнении количества регистраций на разных радиолокаторах, а также при проектировании радиолокационных станций, предназначенных для метеорных наблюдений.

В настоящей работе экспериментальные данные сравниваются с упрощенными теоретическими зависимостями, полученными для приема отражений, поступающих из элемента плоскости эхо, лежащего в области характеристической высоты; предполагается, что аппаратура обладает высокой чувствительностью и способна обнаруживать неустойчивые ионизированные следы, т. е. следы с линейной плотностью электронов $\alpha \ll 10^{12}$ электронов/см [1].

Основные результаты анализа и эксперимента

Количество зафиксированных метеоров существенно зависит от оперативности радиолокатора, оцениваемой минимальным временем T_{\min} , в течение которого отражение должно превышать пороговый уровень, соответствующий беспропускному (уверенному) обнаружению метеоров.

Как было показано ранее, количество уверенно обнаруживаемых метеоров равно [2, 3]¹⁾:

$$N_{ув} = A_1 \cdot e^{-\frac{16\pi^2 D T_{\min}(s-1)}{\lambda^2}}, \quad (1)$$

где D — коэффициент диффузии; s — показатель, характеризующий распределение метеорных тел по массам [1]; λ — длина волны; A_1 — коэффициент, не зависящий от T_{\min} .

¹⁾ В формуле (1) не учтено влияние начального радиуса ионизированного следа на количество обнаруживаемых метеоров.

Естественно предположить, что $T_{\min} = \frac{n}{F_i}$, где F_i — частота посылки импульсов, а n — постоянное число, зависящее от условий индикации и т. п.

На рис. 1 построена зависимость $\frac{N_{yв}(F_i)}{N_{yв}(F_i=300)}$ для $n=1$ и $n=2$.

Там же изображена кривая, соответствующая часовому числу, с учетом не только уверенно, но и случайно обнаруженных метеоров, $N_{\Sigma}(F_i)$ [2,3] (также отнесенному к часовому числу при $F_i=300$ имп/сек:

$$\left. \frac{N_{\Sigma}(F_i)}{N_{\Sigma}(F_i=300)} \right\}$$

Суммарная численность $N_{\Sigma}(F_i)$ находится из [2,3]

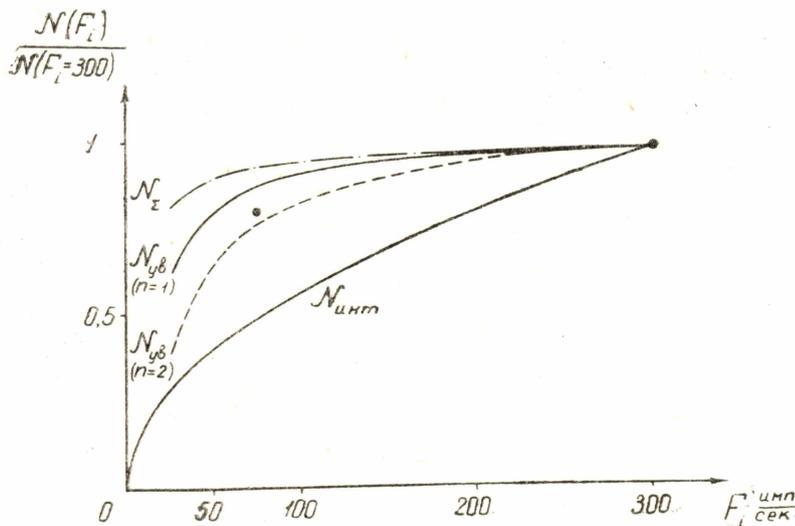


Рис. 1. Зависимость среднего часового числа обнаруженных метеоров N от частоты повторения импульсов F_i (длина волны $\lambda=10$ м). $N_{yв}$ — количество уверенно обнаруживаемых метеоров при $T_{\min} = \frac{n}{F_i}$; сплошная кривая соответствует значению $n=1$, пунктирная — $n=2$. N_{Σ} — общее количество метеоров, обнаруженных не только уверенно, но и случайно. $N_{инт}$ — количество зарегистрированных метеоров в режиме интегрирования. Экспериментальные данные отмечены точками (скорость движения фотопленки $v_{пл}=125$ см/мин).

$$N_{\Sigma} = N_{yв} \cdot \psi, \quad (2)$$

где

$$\psi = 1 + \frac{1}{s-1} \cdot \frac{T_e}{T_{\min}} \left[(1-s) \frac{T_{\min}}{T_e} - 1 + e^{\frac{T_{\min}}{T_e} (s-1)} \right], \quad (3)$$

$T_e = \frac{\lambda^2}{16\pi^2 D}$ — длительность отражения, отсчитываемая на уровне $\frac{U_{mo}}{e}$; U_{mo} — наибольшая (начальная) амплитуда метеорного радиоэхо.

Кривые на рис. 1 построены для $\lambda = 10$ м, $D = 8$ м²/сек и $s=2$. Экспериментальные данные отмечены точками (на $F_i=300$ и $F_i=75$ имп/сек).

Эксперимент был проведен 1 марта 1959 г. на станции ТПИ-2 ($\lambda=10$ м) [4] при использовании фотопленки, протягивавшейся со скоростью $v_{пл}=1,25$ м/мин.

На рис. 1 нанесена также приближенная зависимость среднего часового числа от частоты повторения в случае наличия эффектов усреднения [5]

$$\frac{N(F_i)}{N(F_i=300)} = \sqrt{\frac{F_i}{300}}, \quad (4)$$

построенная для $s=2$.

Как видно из рис. 1, при большой скорости протягивания пленки эффекты накопления практически отсутствуют, и среднее часовое число обнаруженных метеоров определяется оперативностью локатора

$$T_{\min} = \frac{1}{F_i} + \frac{2}{F_i}.$$

Однако фоторегистрация метеорных радиоэхо ведется большей частью с помощью медленно протягиваемой пленки (со скоростью порядка нескольких см/мин).

В таком режиме регистрации нельзя пренебрегать эффектами накопления сигнала.

На рис. 2 представлены зависимость (4), соответствующая режиму интегрирования (сплошная кривая), и отношение $\frac{N_{ув}(F_i)}{N_{ув}(F_i=300)}$, построенное по формуле (1) для $\lambda=4$ м, $D=8$ м²/сек, $s=2$ и $n=2$ (пунктирная кривая).

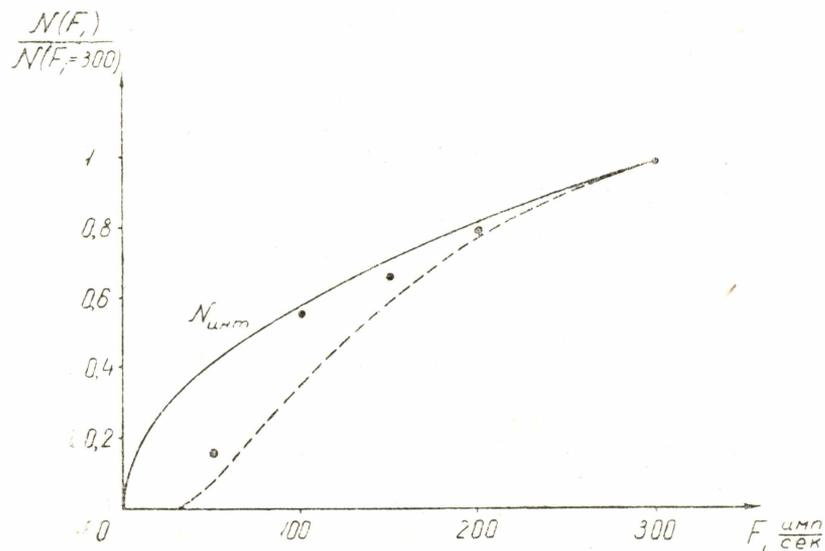


Рис. 2. Зависимость $N(F_i)$ при $\lambda=4$ м. Пунктирная кривая соответствует числу уверенно обнаруживаемых метеоров при $T_{\min} = \frac{2}{F_i}$, сплошная—числу регистраций в режиме интегрирования. Экспериментальные данные отмечены точками (скорость движения фотопленки $v_{пл}=2$ см/мин).

На рис. 2 отмечены также результаты эксперимента, проведенного с 26/I по 2/II-1959 г. на радиолокаторе М-3 ($\lambda=4$ м) [6].

Как видно из рис. 2, в области частот повторения $F_i = 100 \div 300$ *имп/сек* экспериментальные данные хорошо согласуются с аналитической зависимостью $N(F_i)$, соответствующей наличию интегрирования. При малых частотах повторения ($F_i = 50$ *имп/сек*) период повторения T_i и длительность отражения $T_{сл}$ оказываются приблизительно одинаковыми, и интегрирование практически отсутствует; данные эксперимента соответствуют зависимости $N(F_i)$, характерной для случая отсутствия эффектов накопления.

Выводы

Из рассмотрения зависимостей $N(F_i)$ и результатов экспериментов, приведенных на рис. 1 и 2, можно сделать ряд выводов.

1. При отсутствии эффектов накопления изменение частоты повторения в области $F_i \geq 100$ *имп/сек* вызывает незначительное увеличение часового числа обнаруженных метеоров N на сравнительно длинных волнах (λ около 10 м); с укорочением длины волны изменение N при вариации F_i делается более резким.

В области же $F_i < 100$ *имп/сек* уменьшение частоты повторения приводит к резкому уменьшению часового числа; уменьшение N тем значительнее, чем короче рабочая волна.

2. В случае наличия эффектов накопления сигнала зависимость $N(F_i)$ является (приблизительно) параболой и при $s=2$ $N \sim \sqrt{F_i}$.

3. При фоторегистрации с использованием медленно протягиваемой пленки по мере уменьшения частоты повторения эффекты интегрирования ослабевают, и зависимость $N(F_i)/N(F_i=300)$ все более приближается к кривой $N(F_i)$, характерной для случая отсутствия интегрирования.

4. При уменьшении частоты повторения часовое число обнаруженных метеоров падает; при больших длинах волн (около $\lambda=10$ м) интегрирование делает это падение более резким, а при малых—замедляет.

ЛИТЕРАТУРА

1. T. R. Kaiser. Radio-echo studies of meteor ionization, J. Adv. Phys., 2, N 8 495, 1953.
2. Е. И. Ф и а л к о, О влиянии длины волны на эффективность радиолокационного метода исследования метеоров. Известия Сибирского физико-технического института, вып. 37, стр. 229, 1959.
3. Е. И. Ф и а л к о, Уверенное и случайное обнаружение неустойчивых метеорных следов, Радиотехника, 16, № 6, стр. 24, 1961.
4. Е. И. Ф и а л к о. Радиолокационные наблюдения метеоров на волне $\lambda=10$ м Астр. циркуляр, № 175, стр. 21, 1956.
5. Е. И. Ф и а л к о. Радиообнаружение неустойчивых метеорных следов в режиме фоторегистрации, Известия ТПИ, т. 100, стр. 100, 1962.
6. Ф. И. П е р е г у д о в. Некоторые вопросы радиолокации метеоров, Кандидатская диссертация, Томский политехнический институт, 1959.