

УДК 621.371

Б. Г. БОНДАРЬ, канд. техн. наук, *Б. Л. КАЩЕЕВ*, д-р техн. наук

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАДИОЛИНИИ МЕТЕОРНОЙ СВЯЗИ

Попытки использования для связи наклонного метеорного распространения радиоволн, предпринятые в начале 50-х гг., привели к разработке и практическому применению ряда экспериментальных систем метеорной связи. Одним из примеров успешного использования метеорного распространения является разработанная в Харькове система сличения шкал времени [1].

Однако в те годы системы метеорной связи не были распространены. Это объясняется прерывистым характером передачи информации и необходимостью ожидания, причем время ожидания — случайная величина, максимальная в предвечерние часы и изменяющаяся в течение года [2]. Прерывистая работа усложняет конструкцию аппаратуры и ее обслуживание. Появление новой элементно-компонентной базы РЭА в виде интегральных микросхем, микропроцессоров и микроЭВМ значительно упростило разработку аппаратуры метеорной связи. Это позволяет реализовать преимущества метеорного распространения радиоволн, к которым относятся независимость от ионосферных возмущений, защищенность от помех, скрытность связи, небольшая средняя потребляемая мощность. Работы [3; 4] свидетельствуют о практическом применении метеорной связи и разработке новых систем.

Системы метеорной связи обладают неоспоримыми преимуществами при обмене небольшими (до 1—2 кбит) объемами информации с удаленными (от 0,5 до ≈ 2 тыс. км) объектами, в том числе автоматически управляемыми (системы сбора информации от автоматических метеостанций), для резервирования коротковолновых линий радиосвязи, особенно в условиях высоких широт, и т. д.

Воспользовавшись результатами исследования распространения метеорных сигналов на трассе экспериментальной радиолинии протяженностью около 1000 км, ориентированной на северо-восток, авторы произвели оценку возможных параметров радиолинии метеорной связи, пригодной для передачи небольших объемов информации с приемлемым временем ожидания.

Параметры экспериментальной радиолинии: протяженность трассы — около 900 км; рабочая частота — 48 МГц; мощность передатчика — 1 кВт в импульсе; модуляция амплитудная, меандр — 100 Гц; полоса пропускания приемника — 600 Гц; уровень шумов, отнесенных к 75-омному входу приемника, — 0,1 мкВ; антенны подняты на высоту 1,5λ, пятиэлементные волновые каналы ориентированы вдоль трассы.

Примем следующие предположения, подтвержденные практикой эксплуатации экспериментальных радиолиний.

1. Условия распространения радиосигналов возникают практически одновременно в обоих направлениях.

2. Минимальная длительность метеорного сигнала, обусловленная механизмом формирования следа, близка к 0,1 с.

3. Максимальную длительность сигнала целесообразно выбирать в пределах 0,5—1,0 с, так как при большем ее значении в результате искривления следа под действием вихревых движений атмосферы возможно многолучевое распространение и возникновение повторных сигналов [2].

4. Длина пути распространения сигналов практически стабильна в пределах одного следа и несколько изменяется от следа к следу.

5. Цифровая информация передается пакетами, например по 100 бит (5 групп по 5 цифр в двоично-десятичном коде), с последующим подтверждением неискаженного приема пакета.

За минимальное время связи необходимо передать позывной сигнал (он же является сигналом синхронизации) длительностью 30 бит, хотя бы один пакет информации длительностью 100 бит и сигнал подтверждения неискаженного приема (квитанция) длительностью 20 бит. Следует также учесть время обнаружения станции, работающей в режиме запроса кратковременными импульсами со скважностью, например 50, длиной интервала в среднем 25 бит и временем распространения сигнала туда и обратно (при максимальной длине трассы

2,2 тыс. км это время составляет примерно 15 мс). Скорость передачи информации

$$v = \frac{100 + 30 + 25 + 20}{0,1 - 0,015} \approx 2000 = 2 \text{ кбит/с},$$

что соответствует скорости телеграфирования 2 кбод. Таким образом, в самом невыгодном случае для передачи полезной информации удастся использовать около 50 % времени связи. При максимальной длительности связи 1 с доля полезного времени возрастает до 80 %.

Используя данные, полученные на экспериментальной радиолинии, определим мощность передатчика, обеспечивающую приемлемое значение времени ожидания. Зависимость количества интервалов N от их длительности t описывается соотношением [2]

$$N(t) = N_0 \exp\left(-\frac{t}{t_{\text{ср}}}\right). \quad (1)$$

Здесь N_0 — общее число интервалов за время наблюдения T_0 ; $t_{\text{ср}}$ — средняя длительность интервала,

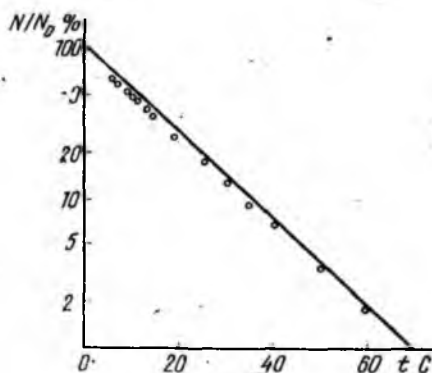
$$t_{\text{ср}} = \frac{T_0(1-D)}{N_0}, \quad (2)$$

где D — коэффициент заполнения, представляющий собой отношение суммарной длительности существования сигнала $t_{\text{сиг}}$ ко времени наблюдения: $D = t_{\text{сиг}}/T$ (3). Из зависимости $N(t)$,

полученной в ночные и утренние часы на экспериментальной линии связи (рисунок) следует, что время ожидания в 1 % случаев превышает 70 с, а средняя длительность интервала — порядка 15 с.

Скорость передачи 2 кбод потребует увеличения полосы пропускания приемника по сравнению с полосой экспериментальной трассы в 10 раз. Следовательно, для сохранения неизменным

коэффициента заполнения D мощность передатчика необходимо довести до 10 кВт. Если, используя транзисторный передатчик, остановиться на мощности излучения 5 кВт, коэффициент заполнения уменьшится вдвое, средняя длительность интервала и время ожидания возрастут в 2 раза. Время ожида-



ния для 1 % метеорных вспышек составит примерно 2—3 мин. В предвечерние часы (минимум метеорной численности) время ожидания для 1 % вспышек превысит 8—10 мин.

Время ожидания подвержено сезонным изменениям в каждом году и зависит от положения трассы и типа антенн. Распределение метеорных сигналов по длительности относительно стабильно. Тем не менее указанные величины могут служить ориентиром. Изменения этих величин более вероятны в сторону сокращения времени ожидания из-за влияния метеорных потоков, более высокой чувствительности современных приемников и других причин.

Список литературы: 1. *Экспериментальное исследование привязки шкал времени на двух метеорных радиоканалах*/Б. С. Дудник, Б. Л. Кашеев, А. Н. Смирнов и др.//Измерител. техника. 1972. № 11. С. 46—48. 2. *Бондарь Б. Г., Кашеев Б. Л. Метеорная связь*. К., 1968. 119 с. 3. *Высокоточное сравнение шкал Государственного и вторичного эталонов времени и частоты*/Б. С. Дудник, Б. Л. Кашеев, Ю. А. Коваль и др.//Измерител. техника. 1982. № 1. С. 30—32. 4. *Чекаленко В. И. Метеорная радиосвязь*//Зарубеж. воен. обозрение. 1985. № 9. С. 34—36.

Поступила в редколлегию 20.03.85.