

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ
И ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

УДК 621.371.22

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ВАРИАЦИЙ
ФАЗОВОГО ФРОНТА САНТИМЕТРОВЫХ РАДИОВОЛН НА ПРИЗЕМНЫХ
ТРАССАХ**

Г. С. Шарыгин, Ю. М. Полищук, О. Н. Киселев, Н. М. Лесков

При распространении сантиметровых радиоволн на приземных трассах влияние неровностей рельефа приводит к тому, что математическое ожидание фазового фронта при усреднении по ансамблю временных реализаций в месте приема является случайной функцией пространственных координат. Целью настоящего сообщения является изложение результатов экспериментального исследования статистических характеристик таких стабильных вариаций фазового фронта в горизонтальной плоскости, проведенных авторами в 1960—1965 гг. в сантиметровом диапазоне волн в Западной Сибири.

Источником излучения служил магнетронный передатчик с импульсной модуляцией. Длительность излучаемого импульса в 3-х и 10-см диапазонах волн составляла соответственно 0,5 и 1 мксек. Антенны передающих устройств были рефлекторного типа с параболическими зеркалами диаметром 50 и 16 длин волн (λ) для 3-х и 10-см диапазонов соответственно. Антенные системы приемной фазометрической аппаратуры интерферометрического типа представляли собой 7 пар рупорных антенн (с раскрытием 3×5 и $4,5 \times 4,8 \lambda^2$ в 3-х и 10-см диапазонах), разнесенных поперек трассы по горизонтали на расстояния от 10 до 1000 λ .

Исследования проведены на 21 различной трассе. Позиции приемной аппаратуры были выбраны на господствующей высоте над крутым обрывом, чтобы по возможности исключить влияние подстилающей поверхности вблизи приемного пункта на структуру поля в месте приема. Типичный профиль трассы 14 представлен на рис. 1; основные сведения о трассах приведены в таблице. Ввиду особенностей выбора позиций передающей аппаратуры закрытые трассы разделены на 2 группы. 1) трассы с открытыми позициями передатчика и относительно слабо выраженными складками неровного рельефа, закрытые кривизной земной поверхности; 2) трассы с позициями передатчика, закрытыми близко расположенными препятствиями, в качестве которых в одних случаях были рощи деревьев и лесные массивы (трассы 9—13), в других—травянистый гребень высотой 18—25 м (трассы 14—16).

При исследовании стабильных вариаций фазового фронта приемная аппаратура оставалась неподвижной, а источник излучения перемещался поперек трассы на расстоянии 100—1000 м. В процессе этого перемещения при расположении источника излучения в фиксированных точках производилось измерение разности фаз сигналов при различных базах интерферометра. Число таких точек находилось в пределах 50—200 на каждой трассе. Для исключения влияния быстрых флуктуаций фазы, внутренних шумов и аппаратурных погрешностей использовались усредненные за 1,5—2 мин отсчеты разности фаз

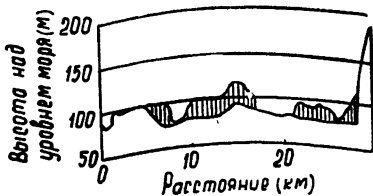


Рис. 1.

В процессе обработки результатов измерений для каждой базы d вычислялись отклонения разности фаз от регулярного хода, связанного с последовательным перемещением передатчика в одном направлении поперек трассы. Эти случайные отклонения $\Delta\varphi$ использовались для построения экспериментальных кривых распределения $\Delta\varphi$ для разных баз и трасс и структурных функций пространственных стабильных вариаций фазы.

Полученные распределения стабильных вариаций фазового фронта как на открытых, так и на закрытых трассах можно удовлетворительно аппроксимировать нормальным законом, а структурные функции хорошо описываются выражением

$$\overline{\Delta\varphi^2} = 2\sigma_\varphi^2 \left[1 - \exp\left(-\frac{d^2}{d_0^2}\right) \right], \quad (1)$$

которое соответствует гауссовской корреляции пространственных вариаций фазового фронта. Здесь σ_φ^2 — дисперсия фазы в точке приема, d_0 — интервал пространственной корреляции стабильных вариаций фазы. Для иллюстрации на рис. 2 приведены типичные структурные функции фазы на закрытых трассах первой (точки на графике) и второй (кружочки) групп. Сплошные кривые на графиках рассчитаны по формуле (1). Определенные для всех трасс величины σ_φ и d_0 представлены в таблице.

Таблица 1

№ трасс	Длина (км)	Длина волны (см)	Угол закрытия передатчика (град)	Характер трассы	σ_φ (град)	d_0/λ
1	16,1	3	—	Открытая	11	67
2	15,8	3	0,9	Полуоткрытая	10	87
3	16,0	3	—	Открытая	7	35
4	5,2	3	—	"	10	77
5	20,5	3	0,5	"	7	130
6	21,5	3	—	"	9	180
7	25,7	3	—	"	5	117
8	26,0	3	—	"	7	143
9	4,5	10	1000	Закрытая	50	430
10	21,0	10	650	"	29	1000
11	25,0	10	170	"	31	400
12	25,1	10	70	"	22	220
13	25,2	10	40	"	27	140
14	29,0	10	6	"	21	200
15	28,0	10	2	"	20	200
16	26,0	10	15	"	27	150
17	71,0	10	2,9	"	20	190
18	73,0	10	2,9	"	31	160
19	103,0	10	2,0	"	32	140
20	86,0	10	8	"	35	100
21	214	10	—	"	40	45

Среднеквадратичное значение вариаций фазового фронта на закрытых трассах первой группы (трассы 17—21) обнаруживает тенденцию к возрастанию с увеличением дальности, напротив, корреляция их с дальностью убывает. На трассах второй группы определяющей является зависимость σ_φ и d_0 от угла закрытия передатчика. Так, на короткой трассе 9 величина σ_φ превышает соответствующие величины для других трасс большей протяженности, но с меньшим углом закрытия.

Авторы выражают благодарность Б. С. Рыбакову, В. Ф. Слюсарчуку, В. И. Тисленко, В. М. Коротковой и другим научным работникам Томского института радиоэлектроники и электронной техники за помощь в проведении трудоемких экспериментальных работ.

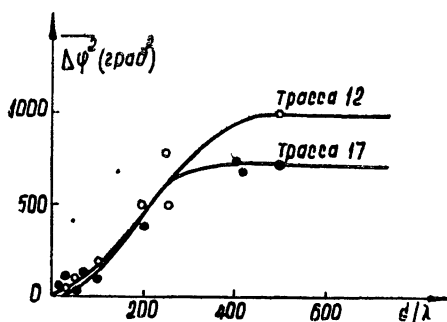


Рис. 2.