

## Статистические характеристики фазовых флуктуаций траекторного сигнала трансionoсферных РЛС с синтезированной апертурой

*О.В. Горячкин\**

В статье рассматриваются статистические характеристики флуктуаций фазы траекторного сигнала трансionoсферных РЛС с синтезированной апертурой (РСА) в диапазоне частот от 30ГГц до 100МГц. Фазовые флуктуации рассматриваются как двумерный нестационарный случайный процесс в пространственных координатах азимут×дальность. Приводятся расчеты дисперсии флуктуаций, интервалов пространственной корреляции в сечениях дальности и азимута, двумерные корреляционные функции. Обсуждаются возможности учета статистических характеристик фазовых флуктуаций при компенсации искажений на радиолокационных изображениях космических РСА.

### 1. Введение

В последние годы обсуждаются проблемы реализации космических РСА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), работающих в диапазонах частот, традиционно не используемых в космической радиолокации. Это РСА, работающие в верхней части сантиметрового диапазона и диапазона миллиметровых волн (X, Ku, K), а также РСА, работающие в верхней части дециметрового диапазона и диапазона метровых волн (P, UHF, VHF).

Необходимость размещения таких РСА на борту космического аппарата диктуется практическими нуждами. Развитие радиолокационной картографии и геодезии, коммерческих приложений ДЗЗ требует увеличения пространственной разрешающей способности. Сегодня пространственное разрешение в X диапазоне ограничено МКРЧ 1м, в тоже время современные технологии РСА могут обеспечить разрешение до единиц сантиметров при увеличении ис-

пользуемой полосы частот, что может быть достигнуто в высокочастотных диапазонах (X, Ku, K). Использование низкочастотных диапазонов (P, UHF, VHF) связано с высокой эффективностью применения РСА для таких задач ДЗЗ как измерение биомассы растительных покровов и подповерхностного зондирования.

К сожалению, размещение этих систем в космосе сопровождается рядом сложных технических проблем. Одной из основных при этом является потеря когерентности РСА, вследствие эффектов распространения радиоволн рассматриваемых диапазонов через атмосферу Земли. Эти эффекты приводят к значительному снижению потенциального пространственного разрешения этих систем, геометрическим и поляризационным искажениям.

Данная проблематика обусловила интерес к изучению влияния атмосферных эффектов на характеристики космических (трансionoсферных) РСА. На сегодняшний день опубликовано достаточно большое количество работ по данной проблематике [1,4-10,14].

В последнее время рядом авторов предлагаются различные адаптивные алгоритмы формирования изображений позволяющие преодолеть эти трудности, по крайней мере, в отношении достижения заданного пространственного разрешения. Эти подходы основаны на использовании как параметрических, так и непараметрических алгоритмов автофокусировки радиолокационных изображений (РЛИ) [11-14].

Для разработки алгоритмов компенсации фазовых искажений РЛИ важными являются не только энергетические характеристики флуктуаций траек-

---

\* г. Самара, Поволжская государственная академия телекоммуникаций и информатики

торной фазы, но и их пространственные свойства. Данный аспект был недостаточно проанализирован в литературе, и в этой статье мы стремимся восполнить этот пробел.

## 2. Математическая модель отраженного сигнала космической РСА

На основе анализа эффектов распространения сигнала РСА в атмосфере Земли в [8,14] были получены общие выражения, описывающие отраженный сигнал космической РСА:

$$\begin{aligned} \dot{S}(t, kT) = & \iint g_a(kT - \theta, \sigma) g_r(\theta, \sigma) \xi(\theta, \sigma) \cdot \\ & \int_{-\Delta\omega}^{\Delta\omega} \dot{h}(j\omega) \cdot \dot{K}_h(j\omega) \cdot \dot{K}_{re}(j\omega) \cdot \\ & \cdot \exp\left(j(\omega_0 - \omega) \cdot \begin{pmatrix} t - kT - \Delta t(kT - \theta, \sigma) \\ -\delta(kT, \theta, \sigma) \end{pmatrix}\right) d\omega d\theta d\sigma \end{aligned} \quad (1)$$

В этом выражении:  $\xi(\theta, \sigma)$  - коэффициент отражения подстилающей поверхности;  $\dot{h}(j\omega)$  - комплексная огибающая зондирующего сигнала;  $\dot{K}_{re}(j\omega)$  - описывает рефракцию зондирующего сигнала в регулярной атмосфере;  $\dot{K}_h(j\omega)$  - передаточная характеристика аппаратного тракта;  $\Delta t(kT - \theta, \sigma)$  - регулярная часть временного запаздывания сигнала в атмосфере;  $\delta(kT, \theta, \sigma)$  - флуктуационная компонента временного запаздывания сигнала в турбулентной атмосфере;  $t, kT$  - координаты (задержка, номер зондирующего сигнала);  $\theta, \sigma$  - координаты элемента подстилающей поверхности (азимут, дальность);  $g_A$  и  $g_R$  вещественные функции описывающие модуляцию сигнала ДН антенны РСА.

Данная модель описывает все основные эффекты, приводящие к искажениям РЛИ вследствие эффектов распространения радиоволн в атмосфере Земли.

В частности, искажения, возникающие вследствие распространения через атмосферу Земли широкополосных сигналов, описываются передаточной функцией  $\dot{K}_{re}(j\omega)$ . При этом учитываются как искажения, вызванные частотной зависимостью коэф-

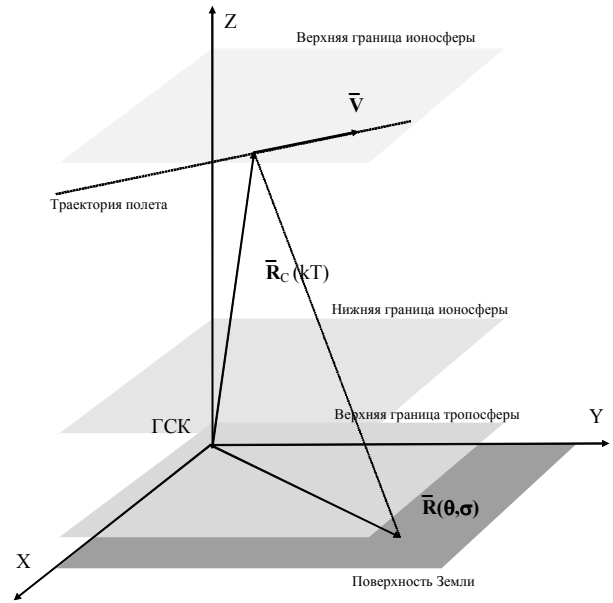


Рис. 1. Геометрия космической РСА.

фициента преломления ионосферы, так и поляризационная дисперсия, возникающая вследствие эффекта Фарадея. Вопросы, связанные с влиянием данного эффекта и модели передаточной функции рассмотрены в [4,11,14]. В результате рефракции в ионосфере, искажается форма зондирующего импульса РСА и соответственно снижается разрешающая способность РСА в сечении дальности, возникают геометрические искажения РЛИ.

Флуктуации времени распространения сигнала в атмосфере  $\delta(kT, \theta, \sigma)$ , вызванные относительным движением РСА и атмосферных неоднородностей влияют на разрешающую способность РСА в сечении азимута и также искажают геометрию РЛИ.

В данной работе мы рассмотрим статистические свойства данных флуктуаций, или что эквивалентно флуктуаций траекторной фазы  $\delta(kT, \theta, \sigma) \cdot \omega_0$  рассматривая их как нестационарный случайный процесс.

## 2. Корреляционная функция флуктуаций траекторной фазы космической РСА

Определим систему координат РСА следующей системой уравнений (см. Рис.1.), [14]:

$$\begin{cases} \sigma = \frac{2}{c} \cdot |\bar{\mathbf{R}}_c(\theta) - \bar{\mathbf{R}}| \\ (\bar{\mathbf{R}}'_c(\theta), \bar{\mathbf{R}}_c(\theta) - \bar{\mathbf{R}}) = 0 \\ F(\bar{\mathbf{R}}) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Время распространения в регулярной атмосфере:

$$\Delta t_{,p}(kT, \theta, \sigma) = \frac{2}{c} \cdot \left[ 1 + \omega \frac{d}{d\omega} \right] \cdot \left[ \int_0^{|\bar{\mathbf{R}}_c(kT) - \bar{\mathbf{R}}(\theta, \sigma)|} n_p(h(\bar{\mathbf{R}}_c(kT), \bar{\mathbf{R}}(\theta, \sigma)), \omega, r) dr \right] \quad (3)$$

Флюктуации времени распространения:

$$\delta(kT, \theta, \sigma) = \frac{2}{c} \cdot \left[ 1 + \omega \frac{d}{d\omega} \right] \cdot \left[ \int_0^{|\bar{\mathbf{R}}_c(kT) - \bar{\mathbf{R}}(\theta, \sigma)|} n_\phi(h(\bar{\mathbf{R}}_c(kT), \bar{\mathbf{R}}(\theta, \sigma)), \omega, r) dr \right] \quad (4)$$

Для оценки флюктуаций атмосферы необходимо знать статистические характеристики пространственных флюктуаций коэффициента преломления, который является функцией трех пространственных координат. В первом приближении можно считать [2,3], что поле коэффициента преломления статистически однородно и изотропно. Тогда корреляционная функция флюктуаций тропосферы может быть описана моделью Буккера – Гордона, [2]:

$$B_{ir}(\bar{\mathbf{R}}_1 - \bar{\mathbf{R}}_2, h) = \sigma_{ir}^2(h) \exp\left(-\frac{|\bar{\mathbf{R}}_1 - \bar{\mathbf{R}}_2|}{l_0}\right), \quad (5)$$

где:  $\sigma_{ir}^2(h) = \left(\frac{C_n^2(h)}{2}\right) l_0^{2/3}$ ,  $C_n^2(h)$  - структурная постоянная показателя преломления тропосферы, взятая далее в приземном слое ([5]),  $l_0$  - внешний масштаб турбулентности (обычно 50-100м [1,2]).

Флюктуации ионосферы характеризуются пространственной корреляционной функцией флюктуаций электронной плотности, и может быть аппроксимирована в следующем виде [1]:

$$B_{ion}(\bar{\mathbf{R}}_1 - \bar{\mathbf{R}}_2, h) = 2.544 \cdot 10^6 \frac{\sigma_e^2(h)}{\omega_0^4} \cdot \exp\left(-\frac{|\bar{\mathbf{R}}_1 - \bar{\mathbf{R}}_2|^2}{\xi_0^2}\right), \quad (6)$$

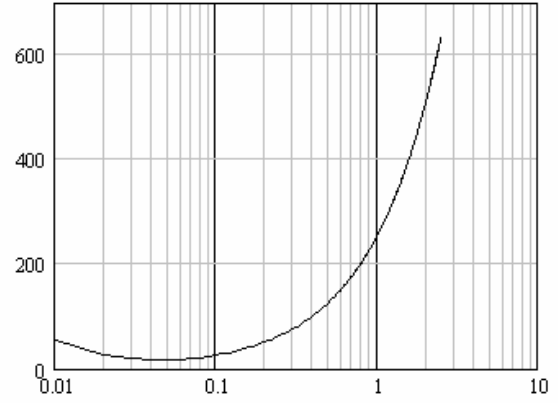


Рис. 2. С.к.о. фазовых флюктуаций, [град], в зависимости от длины волны ПСА, [м], при  $H=500\text{км}$ ,  $C_n^2(0)=9 \cdot 10^{-8}$ ,  $l_0=100\text{м}$ ,  $\delta N = 2.5 \cdot 10^{-2}$ ,  $\xi_0=1000\text{м}$ ,  $N_e=10^{12}$

где:  $\sigma_e(h) = \delta N \cdot N_e(h)$  - с.к.о. флюктуаций электронной плотности,  $N_e(h)$  - электронная концентрация в ионосфере,  $\delta N = (0.1 \dots 2.5) \cdot 10^{-2}$ ,  $\xi_0$  - масштаб неоднородностей в ионосфере (200-5000м [1,2,3,5]).

Определим статистические характеристики флюктуаций времени прихода электромагнитной волны. Очевидно, что  $\mathbf{M}\{\delta(kT, \theta, \sigma)\} = 0$ . Тогда корреляционная функция флюктуаций времени прихода имеет вид:

$$\begin{aligned} B_\delta(kT, mT, \theta_1, \theta_2, \sigma_1, \sigma_2) &= \\ &= \mathbf{M}\{\delta(kT, \theta_1, \sigma_1) \cdot \delta(mT, \theta_2, \sigma_2)\} = \\ &= \left(\frac{4}{c^2}\right) \int_0^{|\bar{\mathbf{R}}_c(kT) - \bar{\mathbf{R}}(\theta_1, \sigma_1)|} \int_0^{|\bar{\mathbf{R}}_c(mT) - \bar{\mathbf{R}}(\theta_2, \sigma_2)|} B_\phi(kT, mT, \theta_1, \theta_2, \sigma_1, \sigma_2, r_1, r_2) dr_1 dr_2 \end{aligned} \quad (7)$$

В этом выражении  $B_\phi(kT, mT, \theta_1, \theta_2, \sigma_1, \sigma_2, r_1, r_2)$  - корреляционная функция флюктуаций коэффициента преломления, которую, с учетом (5), (6), можно записать в виде:

$$\begin{aligned} B_\phi(kT, mT, \theta_1, \theta_2, \sigma_1, \sigma_2, r_1, r_2) &= \\ &= \sigma_{ir}^2 \left( h \left( \frac{\bar{\mathbf{R}}_1(kT, \theta_1, \sigma_1, r_1) + \bar{\mathbf{R}}_2(mT, \theta_2, \sigma_2, r_2)}{2} \right) \right) \cdot \\ &\cdot \exp\left(-\frac{|\bar{\mathbf{R}}_1(kT, \theta_1, \sigma_1, r_1) - \bar{\mathbf{R}}_2(mT, \theta_2, \sigma_2, r_2)|}{l_0}\right) + \\ &+ \exp\left(-\frac{|\bar{\mathbf{R}}_1(kT, \theta_1, \sigma_1, r_1) - \bar{\mathbf{R}}_2(mT, \theta_2, \sigma_2, r_2)|^2}{\xi_0^2}\right) \end{aligned}$$

$$\cdot 2.544 \frac{10^6}{\omega_0^4} \cdot \sigma_e^2 \left( h \left( \frac{\bar{\mathbf{R}}_1(kT, \theta_1, \sigma_1, r_1) + \bar{\mathbf{R}}_2(mT, \theta_2, \sigma_2, r_2)}{2} \right) \right) \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{R}}_1(kT, \theta_1, \sigma_1, r_1) &= \bar{\mathbf{R}}_c(kT) - \\ &- \frac{r_1}{\left| \bar{\mathbf{R}}_c(kT) - \bar{\mathbf{R}}(\theta_1, \sigma_1) \right|} \cdot \left( \bar{\mathbf{R}}_c(kT) - \bar{\mathbf{R}}(\theta_1, \sigma_1) \right), \\ \bar{\mathbf{R}}_2(mT, \theta_2, \sigma_2, r_2) &= \bar{\mathbf{R}}_c(mT) - \\ &- \frac{r_2}{\left| \bar{\mathbf{R}}_c(mT) - \bar{\mathbf{R}}(\theta_2, \sigma_2) \right|} \cdot \left( \bar{\mathbf{R}}_c(mT) - \bar{\mathbf{R}}(\theta_2, \sigma_2) \right) \end{aligned} \quad (9)$$

Найти аналитические выражения соответствующих характеристик в общем виде достаточно затруднительно, особенно для модели произвольного движения. Без потери общности, для космических РСА можно рассмотреть модель равномерного движения. Этот случай описывают следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{R}}_c(kT) &= \begin{bmatrix} 0 \\ V \cdot kT \\ H_n \end{bmatrix}, \\ \bar{\mathbf{R}}(\theta, \sigma) &= \begin{bmatrix} \sqrt{\frac{1}{4} \cdot c^2 \cdot \sigma^2 - H_n^2} \\ \theta \cdot V \\ 0 \end{bmatrix}, \\ \left| \bar{\mathbf{R}}_c(kT) - \bar{\mathbf{R}}(\theta, \sigma) \right| &= \sqrt{\frac{1}{4} \cdot c^2 \cdot \sigma^2 + V^2 \cdot (kT - \theta)^2}. \end{aligned} \quad (10)$$

### 3. Результаты расчета статистических характеристик флуктуаций траекторной фазы космической РСА

На Рис.2 показано рассчитанное по формуле (9) среднеквадратическое отклонение фазы траекторного сигнала РСА, в зависимости от длины волны несущего колебания. В расчетах использована параболически-экспоненциальная модель распределения электронной плотности по высоте [2].

Из данных расчетов следует, что оптимальными частотными диапазонами работы космических РСА являются X, C, S, L диапазоны ( $\lambda=3...25\text{см}$ ). Влияние фазовых искажений в этих диапазонах несущественно (обычно допускается фазовые флуктуации, не

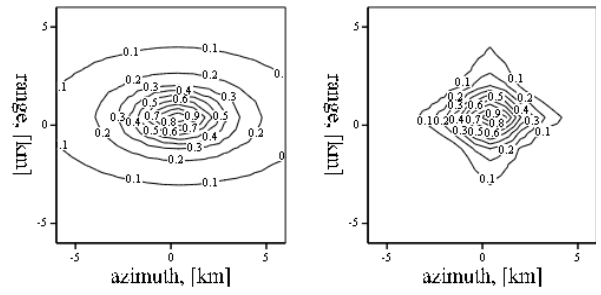


Рис. 3. Двумерная нормированная корреляционная функция траекторных флуктуаций в плоскости  $(\theta V, 0.5c\sigma)$  - слева,  $(kTV, 0.5c\sigma)$  - справа, при  $H=350\text{км}$ ,  $\lambda=0.7\text{м}$ ,

$$C_n^2(0) = 9 \cdot 10^{-8}, \quad l_0 = 100\text{м}, \quad \delta N = 2.5 \cdot 10^{-2}, \quad \xi_0 = 1000\text{м}, \quad N_e = 10^{12}.$$

превосходящие 20...30 угл. град., см. [1]). В частотных диапазонах выше данной области частот ( $\lambda < 3\text{см}$ ) - существенно влияние флуктуаций тропосферы, а ниже ( $\lambda > 25\text{см}$ ) - ионосферы. Фазовые флуктуации возрастают с увеличением высоты полета и угла визирования поверхности. Эти расчеты подтверждают известные данные, ранее опубликованные в [4,5,7,8,14].

Однако энергетических характеристик фазовых флуктуаций недостаточно, чтобы оценить влияние атмосферы на характеристики космических РСА и возможности компенсации этих эффектов при обработке.

Поэтому рассмотрим двумерные характеристики фазовых флуктуаций в плоскостях  $(\theta, \sigma)$  и  $(kT, \sigma)$ . Для нас важно то, что скорость флуктуаций траекторной фазы в плоскости  $(kT, \sigma)$  описывает флуктуации фазы системной функции радиолокационного канала, а сечение в плоскости  $(\theta, \sigma)$  показывает скорость изменения самой системной функции, т.е. описывает пространственную область коэффициента отражения, где системная функция стационарна. На Рис.3 показаны соответствующие двумерные нормированные корреляционные функции траекторных флуктуаций. Конфигурацию областей корреляции фазы, показанные на Рис.3 можно определить, рассматривая соотношения, между соответствующими пространственными интервалами корреляции, показанными на Рис.4.

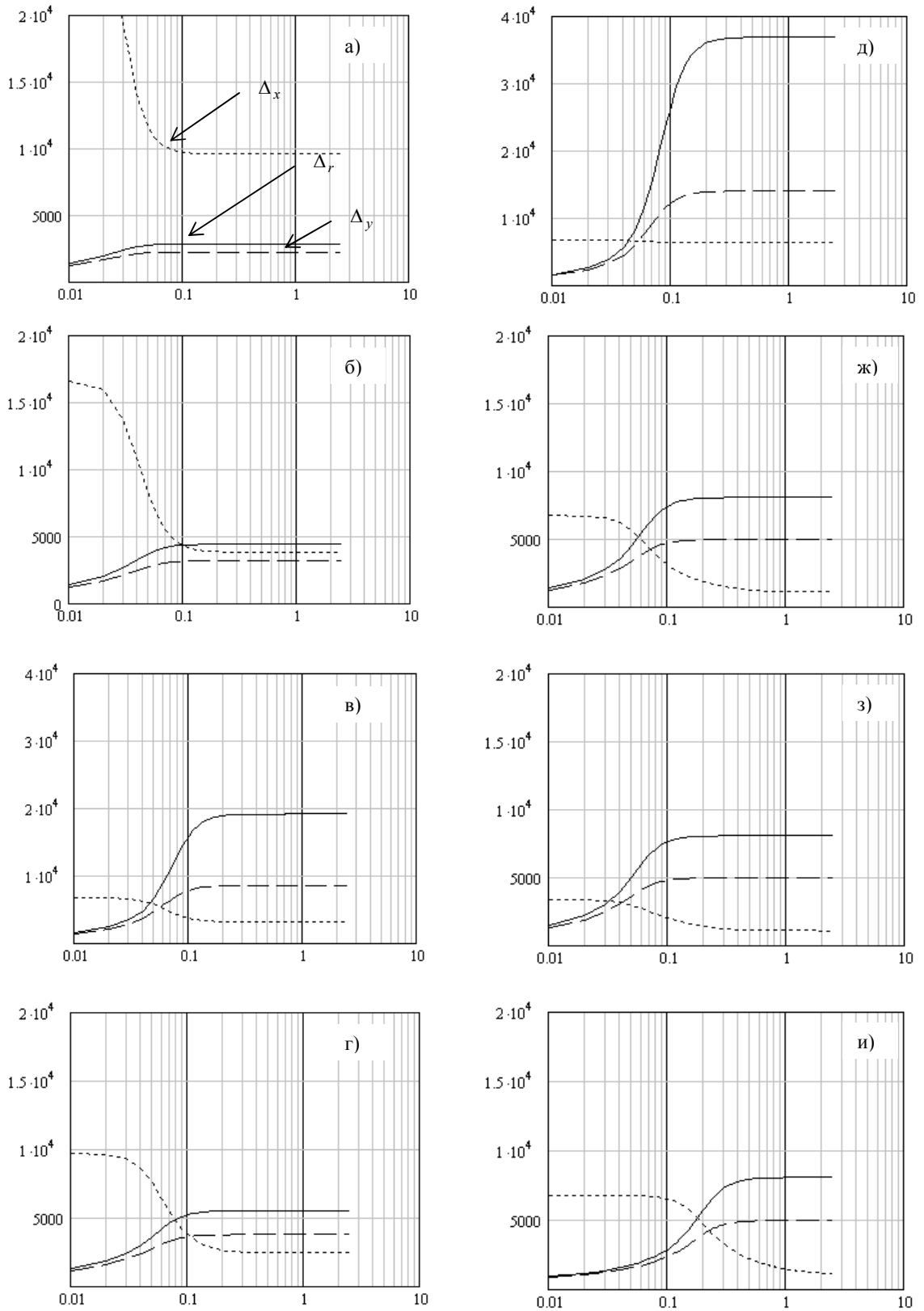


Рис. 4. Пространственный интервал корреляции, [км], при  $C_n^2(0) = 9 \cdot 10^{-8}$ ,  $l_0 = 100\text{м}$ ,  $\delta N = 2.5 \cdot 10^{-2}$ ,  $\xi_0 = 1000\text{м}$ ,  $N_e = 10^{12}$ , а)  $H = 1000\text{км}$ , б)  $H = 500\text{км}$ , в)  $H = 200\text{км}$ ,  $\xi_0 = 2000\text{м}$ , г)  $H = 350\text{км}$ , д)  $H = 200\text{км}$ ,  $\xi_0 = 3000\text{м}$ , ж)  $H = 200\text{км}$ ,  $\xi_0 = 1000\text{м}$ , з)  $H = 200\text{км}$ ,  $l_0 = 50\text{м}$ , и)  $H = 200\text{км}$ ,  $N_e = 10^{11}$ .

На этих рисунках  $\Delta_x$  – интервал корреляции флуктуаций траекторной фазы на интервале синтеза апертуры РСА,  $\Delta_y$  – интервал корреляции флуктуа-

ций траекторной фазы между точками отражающей поверхности вдоль траектории полета;  $\Delta_r$  – интервал корреляции флуктуаций траекторной фазы между

точками отражающей поверхности перпендикулярно траектории полета, вдоль вектора наклонной дальности.

Характерная особенность представленных на Рис.4. результатов это существенное различие конфигурации зон коррелированности фазовых флуктуаций в высокочастотной и низкочастотной частях спектра и наличие некоторой промежуточной зоны в диапазоне длин волн около 5...10 см.

Другая особенность, это резкое увеличение скорости флуктуаций траекторной фазы (уменьшение  $\Delta_x$ ) и одновременно не менее резкое увеличение площади зоны корреляции траекторной фазы на отражающей поверхности  $\Delta_y \times \Delta_r$  в низкочастотных диапазонах.

Данные особенности связаны с преимущественным влиянием тропосферы в коротковолновой части и ионосферы в длинноволновой.

Графики а), б), г), ж) на Рис.4. иллюстрируют изменение пространственных интервалов корреляции при уменьшении высоты полета с 1000 до 200 км. При этом интервал корреляции  $\Delta_x$  снижается, но одновременно растет площадь зоны коррелированности  $\Delta_y \times \Delta_r$ .

Графики в), д), ж) на Рис.4. иллюстрируют изменение пространственных интервалов корреляции при изменении масштаба турбулентности ионосферы, графики ж), з) изменение масштаба турбулентности тропосферы. При этом интервал корреляции  $\Delta_r$  наиболее резко возрастает при увеличении масштаба турбулентности ионосферы в длинноволновой части рассматриваемого диапазона. Заметим, что площадь зоны коррелированности  $\Delta_y \times \Delta_r$  существенно уменьшается в коротковолновой области и практически независит от параметров атмосферы.

Влияние значения максимальной концентрации электронов в ионосфере иллюстрируется графиками ж), и) на Рис.4, и сводится к сдвигу промежуточной зоны в сторону низких частот при уменьшении электронной концентрации.

#### 4. Основные результаты и выводы

Подведем некоторые итоги анализа статистических характеристик флуктуаций траекторной фазы РСА, возникающих вследствие влияния атмосферы Земли.

В диапазонах Р, UHF, VHF дисперсия флуктуаций фазы значительно превышает допустимый уровень, при этом резко возрастает скорость флуктуаций фазы, что одновременно с ростом интервала синтеза апертуры антенны РСА создает большие проблемы при разработке методов компенсации данных искажений. Некоторым утешением для разработчиков алгоритмов компенсации должно быть существенное увеличение площади зоны корреляции траекторной фазы на отражающей поверхности  $\Delta_y \times \Delta_r$ , что увеличивает зону фокусировки на радиолограмме РСА.

В верхней части Х и в Ku и К диапазонах дисперсия флуктуаций фазы превышает допустимый уровень, при этом резко снижается площадь зоны фокусировки, однако скорость флуктуаций фазы снижается, что одновременно с уменьшением интервала синтеза апертуры антенны РСА существенно снижает влияние рассматриваемых искажений на разрешающую способность РСА по азимуту.

#### Литература

1. Буренин Н.И. Радиолокационные станции с синтезированной антенной. – М.: «Сов. радио», 1972, 160с.
2. Кравцов Ю.А., Фейзулин З.И., Виноградов А.Г. Прохождение радиоволн через атмосферу Земли. – М.: «Радио и связь», 1983, 224с.
3. Колосов М.А., Арманд Н.А., Яковлев О.И. Распространение радиоволн при космической связи. – М.: «Связь», 1969, 155с.
4. Кретов Н.В., Рыжкина Т.Е., Федорова Л.В. Влияние земной атмосферы на пространственное разрешение радиолокаторов с синтезированной апертурой космического базирования. //Радиотехника и электроника – 1992 - №1- с. 90-95.
5. Рыжкина Т.Е., Федорова Л.В. Исследование статистических и спектральных характеристик трансатмосферных радиосигналов УКВ-СВЧ диапазона. – «Журнал радиоэлектроники», №2, 2001.

6. Ishimaru A., Kuga Y., Liu J., Kim Y., Freeman T. Ionospheric effects on synthetic aperture radar at 100 MHz to 2 GHz. //Radio Science (USA) – 1999 – vol. 34 – num.1 – p. 257-268
7. Ефимов А.И., Калинин А.А., Кутуза Б.Г. Использование радиолокатора синтезированной апертуры Р-диапазона в космических экспериментах. - Радиотехника, 1998, №2, с.19-24.
8. Goriachkin O.V., Kloovsky D.D. "The some problems of realization spaceborne SAR's in P,UHF,VHF bands," IEEE proceedings of 1999 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'99), Gamburg, Germany.
9. Goriachkin O.V. "Estimations of the Maximum Spatial Resolution Space-borne VHF-band SAR for Adaptive Synthetic Aperture Techniques", IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'2000), Honolulu, 3p.
10. Горячкин О.В. Потенциальное пространственное разрешение космических радиолокаторов с синтезированной апертурой УКВ диапазона частот // В сборнике докладов всероссийской научной конференции «Дистанционное зондирование земных покровов и атмосферы аэрокосмическими средствами», г. Муром, 20-22 июня 2001г., 562-565стр.
11. Штейншлейгер В.Б., Дзенкевич А.В., Манаков В.Ю., Мельников Л.Я., Мисежников Г.С. О разрешающей способности трансионосферных РЛС для дистанционного зондирования Земли в УКВ-диапазоне волн.// Радиотехника и Электроника, 1997, т.42, №6, с.725-732.
12. Goriachkin O.V. Ionospheric effects compensation in spaceborne VHF-band SAR: Blind identification approach. // CDROM Proceedings of Open Symposium on Propagation and Remote Sensing of URSI Commission F, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 12-15 February 2002, 4p.
13. Goriachkin O.V. Imaging in Transionospheric Low Frequency SAR. // Proceedings of Forth European Conference on Synthetic Aperture Radar, 4-6 June 2002, Cologne, Germany, 485-488pp.
14. Горячкин О.В. Обработка радиолокационных данных при априорной неопределенности характеристик пространственно-временного сигнала радиолокатора с синтезированной апертурой. - Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Самара, ПГАТИ, 1997г., 141с.

---

### **Statistical performances of atmospheric phase fluctuations of spaceborne SAR signals**

*O.V.Goriachkin*

In a paper the statistical performances of phase fluctuations of SAR signal in band from 30GHz up to 100MHz are considered. The phase fluctuations are considered as the two-dimensional non-stationary random process in space coordinates an azimuth×range. The accounts of a variance of fluctuations, intervals of space correlation in cuts of distance and azimuth, two-dimensional correlation functions are reduced. The possibilities of the registration of statistical performances of phase fluctuations are considered at compensating distortions on SAR images.