

# **МОДЕЛИ ФЛУКТУАЦИЙ ЭФФЕКТИВНОГО ЦЕНТРА РАССЕЙНИЯ СИГНАЛОВ СИСТЕМ ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ**

Рыбников Н.В., Олейникова Е.И.

Научный руководитель – д.т.н. проф. Карташов В.М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
(61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф МИРЕС, тел. (057) 702-15-87  
e-mail: d\_res@nure.ua

Relations are obtained that describe fluctuations of the effective scattering centers of radar and radio-acoustic sounding systems of the atmosphere. They make it possible to evaluate the characteristics of angular and range finding noise of scattering objects of atmospheric sounding systems and can be used in determining the integral error of measurement results, as well as in interpreting experimental data. The research results will also allow you to correctly design the auto-tracking system of the objects in question by coordinates, choosing the width of the discriminatory characteristics and the parameters of smoothing filters correctly.

Системы радиолокационного [1] и радиоакустического [2] зондирования атмосферы позволяют определять дистанционно с поверхности земли многие важные характеристики атмосферы – температуру, параметры турбулентности, скорость и направление ветра и находят в настоящее время широкое применение при решении многих актуальных, практически важных задач: метеобеспечение взлета и посадки летательных аппаратов, прогнозирование экологически опасных ситуаций и др.

Рассеивающие объекты радиолокационных и радиоакустических систем зондирования атмосферы относятся к объемно- распределенным протяженным целям. Протяженные цели характеризуются флуктуациями положения эффективного центра рассеяния, что приводит к существенным ошибкам в определении их координат и параметров движения. В докладе рассмотрены модели, описывающие блуждание эффективного центра рассеяния ограниченного объема поля естественных неоднородностей атмосферы, а также центра акустического волнового пакета, рассеивающих радиоволну.

Фазовый фронт волны, переизлученной точечной целью, является сферой. Для протяженной (многоточечной) цели переизлученная волна в каждой точке пространства является суммой элементарных волн, рассеянных отдельными участками (точками) цели, и фазовый фронт ее уже не будет сферическим. Нормаль к фронту такой волны укажет направление не на действительный центр цели, а на так называемый эффективный или кажущийся центр (КЦ), положение которого зависит от соотношения амплитуд и фаз элементарных волн. Если это соотношение изменяется случайным образом, то центр рассеяния блуждает, вызывая

флуктуации пеленга (угловой шум), флуктуации амплитуды суммарной волны (амплитудный шум), а также времени прихода сигнала (дальномерный шум). Наличие рассмотренных видов шумов цели приводит к дополнительным ошибкам в определении соответствующих координат. Блуждание кажущегося центра приводит также к появлению ошибок при определении радиальной и угловых скоростей движения цели.

Физическая природа возникновения всех указанных видов шумов протяженных объектов является общей, и это обстоятельство позволяет использовать при анализе статистических характеристик различных видов шумов схожие подходы и результаты анализа, полученные для другого вида шума.

Поле турбулентных неоднородностей атмосферы, рассеивающих радиосигнал, в соответствии с разработанной структурной моделью, представляет собой совокупность квазисинусоидальных линейных решеток, оси которых ориентированы вдоль вектора рассеяния, а пространственный период при обратном рассеянии соответствует половине длине волны  $\lambda$  зондирующего сигнала. Амплитуды и начальные фазы решеток случайны и зависят только от структуры реальной среды.

Статистические свойства сигнала, рассеянного акустической волновой посылкой (АВП), будут иными. На небольших дальностях, когда АВП представляет собой единую когерентную структуру, рассеянный сигнал можно описать квазидетерминированной моделью с неопределенными параметрами. Далее по высоте, когда происходят изменения структуры АВП, вызванные турбулентностью, поле звуковой волны представим в виде суммы среднего (когерентного)  $\langle n(\vec{r}, t) \rangle$  поля и флуктуационного (некогерентного) поля  $n_f(\vec{r}, t)$ :  $n(\vec{r}, t) = \langle n(\vec{r}, t) \rangle + n_f(\vec{r}, t)$ .  $n(\vec{r}, t)$  удобно записать в виде [3]  $n = n_0 \exp(\chi_1 + iS_1)$ , где  $n_0$  - невозмущенное турбулентностью поле;  $\chi_1, S_1$  - флуктуации логарифма амплитуды (уровня) и фазы волны, вызванные турбулентностью. Учитывая, что дисперсия флуктуаций уровня  $\sigma_\chi^2$  значительно меньше дисперсии флуктуаций фазы  $\sigma_S^2$ , имеем  $n = n_0 \exp(iS_1)$ .

Флуктуации уровня и фазы являются следствием прохождения волной большого числа неоднородностей, в результате чего  $\chi_1, S_1$  нормализуются. Значения  $n$ , следовательно, распределены по логарифмически нормальному закону. Воспользовавшись соотношением  $\langle \exp(iS_1) \rangle = \exp(-1/2 \langle S_1^2 \rangle)$ , справедливым для нормально распределенной случайной величины с нулевым математическим ожиданием [3], когерентное поле запишем как  $\langle n \rangle = n_0 \langle \exp(iS_1) \rangle = n_0 \exp(-\sigma_S^2/2)$ .

Интенсивность когерентного звукового поля определяется выражением  $I_c = |\langle \epsilon \rangle|^2 = n_0^2 \exp(-\sigma_S^2)$ , интенсивность флуктуационного поля -  $I_f = \langle |\epsilon_f|^2 \rangle$ , а их сумма составляет среднюю интенсивность

звуковой волны  $\langle I \rangle = I_c + I_f$ . С увеличением пройденного волной расстояния относительный вес составляющей  $I_c$  в звуке уменьшается, а вес составляющей  $I_f$  увеличивается, так как последняя «подпитывается» из  $I_c$ . Когерентная и флуктуационная компоненты акустического поля формируют соответствующие компоненты радиосигнала, рассеянного на звуке.

Таким образом, структуру АВП можно представить в виде комбинации когерентной решетки с детерминированными параметрами и множества линейных решеток со случайными параметрами, порождаемых флуктуационным полем. Когерентная решетка представляет собой стабильно отражающий объект, формирующий рассеянный сигнал с постоянной амплитудой. Решетки со случайными параметрами создают рассеянное поле, распределение амплитуды которого характеризуется законом Релея. Распределение огибающей суммарного радиосигнала при заданных условиях, как известно, характеризуется обобщенным законом Релея.

Представленные соотношения позволяют оценивать характеристики угловых и дальномерных шумов рассеивающих объектов радиолокационных и радиоакустических систем зондирования атмосферы и могут использоваться при определении интегральной погрешности результатов измерений, а также при интерпретации экспериментальных данных. Результаты исследований позволяют также грамотно проектировать системы автосопровождения рассматриваемых объектов по координатам, правильно выбирая ширину дискриминационной характеристики и параметры сглаживающих фильтров.

### **Перечень ссылок:**

1. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские локаторы и метеорологические наблюдения: Пер. с англ.- Л.: Гидрометеиздат, 1988.- 503 с.
2. Калистратова М.А., Кон А.И. Радиоакустическое зондирование атмосферы. – М.: Наука, 1985. – 200 с.
3. Татарский В.И. Распространение волн в турбулентной атмосфере. – М.: Наука, 1967. – 548 с.