

## Оценка мощности осредненных сигналов МРЛ

Р.В. Первушин

*Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета,  
602264, г. Муром, Владимирской обл., ул. Орловская д.23;  
E-mail: prv@pochta.ru*

Контроль и прогноз метеорологических параметров атмосферы является необходимой частью обеспечения как экологической безопасности, так и экономических показателей многих отраслей народного хозяйства. Использование радиолокационных средств позволяет дистанционными методами выявлять зоны опасных метеорологических явлений. Однако вопросы идентификации этих явлений в значительной степени зависят от результатов обработки радиолокационных сигналов [1].

Особенностью метеорологических целей является их распределённый в пространстве характер, т.е. представление цели как совокупность множества отражателей-рассеивателей). Следовательно, для определения параметров целей, необходимо осуществлять осреднение сигналов от отдельных отражателей-рассеивателей, следовательно, выборочное значение мощности отраженного сигнала является взвешенной суммой мощностей, сигналов от индивидуальных рассеивателей, которые движутся друг относительно друга [2]. Целью исследования является оценка влияния различных видов структур построения приемных устройств, входящих в МРЛ, и видов осреднения сигналов на результаты измерений.

Детекторы некоторых радиолокаторов работают с ПЧ сигналами, и сигнал на их выходе, после прохождения фильтра, представляет собой низкочастотную огибающую напряжения  $V(k)$ . Эти огибающие являются, как правило, нелинейными функциями модуля  $|V(k)|$ . Следовательно, сигнал  $Q$  на выходе радиолокационного приемника может подчиняться одной из многих зависимостей от входного сигнала мощности. Перечислим несколько основных видов передаточной функции приемника:

1) квадратичный закон; в этом случае сигнал  $Q_k$  на выходе пропорционален входной мощности:  $Q_k \rightarrow P_k \rightarrow |V(k)|^2$ ;

2) линейная зависимость от амплитуды:  $Q_k \rightarrow P_k^{1/2} \rightarrow |V(k)|$ ;

3) логарифмический закон:  $Q_k \rightarrow \lg P_k \rightarrow \lg |V(k)|^2$ .

С целью улучшения точности оценок мощности прибегают к осреднению выборочных значений  $Q_k$ , при этом средняя по выборке плотность вероятности выводится из плотности вероятности для  $P_k$  и передаточной функции приемника. Равномерное среднее

$$\hat{P} = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} P_k$$

обычно дает очень хорошие оценки сигнал+шум. Все  $M$  выборок в отбираются с частотой посылок импульсов.

Радиолокационная отражаемость, на основании которой могут быть получены оценки водности и интенсивности осадков, пропорциональна величине  $\bar{P}$ . Диапазон значений которой, представляющих интерес для метеорологов, может превышать  $10^8$ , поэтому выбор конкретного типа приемника часто определяется тем, насколько велики затраты, необходимые для удовлетворения требования измерений со столь большим динамическим диапазоном. Проблема состоит в получении оценки  $\bar{P}$  из средневыборочных

значений  $Q$ . Оценка усложняется тем, что  $Q$  связано с  $P$  нелинейной зависимостью (за исключением случая приемника с квадратичной зависимостью). Это означает, что когда для получения оценок  $\hat{P}$  используется преобразование оценок среднего значения выходного сигнала

$$\hat{Q} = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} Q_k$$

с помощью функции, обратной передаточной зависимости ( $Q$  от  $P$ ), получается смещенная оценка, обладающая большей неопределенностью, чем оценка, получаемая непосредственно из осреднения значений  $P_k$ . Оценка является смещенной, если ее математическое ожидание  $E(P)$  отличается от среднего значения оцениваемого параметра, т.е. от  $\bar{P}$ ).

При всей простоте принципа равномерного осреднения по группам сигналов, этот принцип не обеспечивает непрерывного изменения выходного значения, т.е. изменения выходного сигнала в темпе поступления отсчетов. Для получения более точного значения измеряемого параметра можно прибегнуть к методу расчета скользящего среднего с равномерными весами, который, правда, более сложен в реализации и требует значительных объемов компьютерной памяти, либо воспользоваться рекурсивным фильтром первого порядка т.е. экспоненциально взвешенным скользящим средним.

Общее число  $M$  выборочных значений сигнала, полученных из разрешаемого объема, определяется периодом повторения импульсов (ППИ) и временем накопления. Однако поскольку между соседними отсчетами может существовать заметная корреляция, введем для оценки коэффициента уменьшения дисперсии за счет осреднения понятие эквивалентного числа  $M$ , независимых выборок.

Сбор выборочных последовательностей в процессе вращения антенны приводит к непрерывному изменению положения импульсного объема. Выборки эхосигналов от разрешаемых объемов, соответствующие двум разным направлениям луча, будут коррелированными, если соответствующие этим направлениям диаграммы излучения перекрываются и отсутствует существенная декорреляция, обусловленная изменением положения рассеивателей.

Для многих видов метеорологических измерений главный лепесток антенны может быть аппроксимирован функцией Гаусса. В этом случае число независимых выборок с учетом вращения антенны может быть найдено на основе анализа, подобного тому, что проводился для осреднений по временным выборкам.

В докладе приводятся результаты сравнительного анализа влияния различных видов осреднения при различных конфигурациях приёмных устройств.

### Литература

1. Первушин Р.В. Пассивно-активные радиотехнические средства контроля метеорологических параметров: Дис. канд. тех. наук. -Владимир: 2007. - 151 с.
2. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения/Перевод с англ. Под ред. Черникова А.А.- Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 512 с.