

Контроль достоверности измерений в радиолокационных системах на основе статистических решений

Г. Д. Пантелеев, С. С. Корженевский, Д. С. Колобов

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского

vka@mil.ru

Аннотация. Эффективность работы радиолокационной системы (РЛС) зависит как от надежности самой системы, так и от достоверности выходных измерений. При этом, основным методом контроля достоверности является метод допусков. Совершенствование данного метода связано с оптимизацией границ принятия решений о достоверности измерений.

Ключевые слова: радиолокационная система; эффективность контроля; достоверность измерений

I. ВВЕДЕНИЕ

Исследование проблем, связанных с возникающими рисковыми ситуациями, актуально всегда и везде пока есть в практической деятельности человека хоть какая-то неопределенность. Сами рисковые ситуации корректно анализируемы лишь тогда, когда их можно измерить. Причем измерение должно быть объективным.

В данной статье приводятся процедуры, обеспечивающие достоверную количественную оценку значений факторов риска и корректность методов управления ими.

II. ВЫБОР МЕТОДА ОЦЕНКИ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Согласно распространенного метода назначения предельных значений (критерий Байеса) достоверность результата измерения ограничена верхней и нижней границами принятия решения, что соответствует границам технологического рассеивания измерений в нормальном режиме и определяется статистической обработкой измерительной информации, которая накапливается в процессе работы РЛС.

При этом, недостоверными являются измерения, с погрешностью выходящей за пределы точности измерительной аппаратуры, чем шире диапазон технологического рассеивания, тем ниже эффективность контроля по предельным значениям.

В этом случае, условие достоверности определяется: $2x_0 - \gamma \leq x(t) \leq \gamma$, где γ – верхняя граница, $(2x_0 - \gamma)$ – симметричная ей нижняя граница принятия решения; x_0 – среднее значение.

Кроме того, при контроле достоверности измерений РЛС, задать численные значения коэффициентов (стоимости) ложной тревоги и пропуска недостоверных измерений, задание которых обязательно при использовании критерия Байеса, не представляется

возможным, поскольку сложно сопоставить эффект от пропуска недопустимой погрешности измерения, с затратами связанными с ликвидацией последствий, вызванными «ложной тревогой» (извещением о неисправности РЛС).

Кроме того, для контроля достоверности измерений РЛС доступна только смесь полезного сигнала и недопустимых погрешностей измерений.

Предлагается следующее решение данной коллизии: характер ущерба принять одинаковым, как для ложной тревоги, так и для пропуска недопустимой погрешности, поскольку ущерб в обоих случаях сводится к снижению **точности** результатов измерений.

Цена ложной тревоги определяется системой управления (слежения) РЛС, поскольку, после обнаружения недостоверного измерения вводится соразмерное ей **подавляющее** значение, что рассматривается как средневзвешенная дисперсия рассогласования недостоверного измерения и подавляющего значения, т. е. как дисперсия ошибки подавления, при расчете которой, используется интервальная оценка распределения вероятности измерений.

III. ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ КОМПОЗИЦИИ (СВЕРТКИ) РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Доверительным называется интервал (θ_n, θ_b) , накрывающий параметр с вероятностью: $P(\theta_n < \theta < \theta_b)$.

Задача оценки заключается в определении по выборке (x_1, x_2, \dots, x_n) границ интервала (θ_n, θ_b) .

В этом случае, используется статистика, представляющая собой точечную оценку функции $g = g(\theta)$ и при известной плотности вероятности $f_g(x)$ строится доверительный интервал для статистики g , то есть находятся g_n, g_b из системы:

$$\begin{cases} P(g > g_b) = \frac{1-\gamma}{2} \\ P(g < g_n) = \frac{1-\gamma}{2} \end{cases}$$

Поскольку, **доверительной** является вероятность того, что истинное значение измеряемой величины попадает в заданный доверительный интервал: $a < x < b$ [2].

$$P_{\text{д}} = P[a \leq x \leq b] = 0,5 \left[\Phi\left(\frac{b-\bar{x}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a-\bar{x}}{\sigma}\right) \right],$$

где $\Phi(\cdot)$ – интегральная функция Лапласа [3], \bar{x} – среднее выборки (x_1, x_2, \dots, x_n).

Аргументом этой функции является гарантийный коэффициент t :

$$t = \frac{\mu}{s_0}, \text{ где } \mu = (b - \bar{x}), \mu = -(a - \bar{x})$$

$$s_0^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i)^2.$$

Далее вычисляется вероятность попадания случайной величины в заданный интервал, а значит, находится искомая доверительная вероятность или, что то же самое, достоверность текущих измерений РЛС.

На рис. 1 представлены результаты свертки, выполненной в среде MATLAB, для случая, если x распределен нормально, а y – равномерно (рис. 1а, 1б).

Таким образом, проблема построения доверительного интервала заданного размера, максимизирующего доверительную вероятность, сведена к нахождению экстремума определенного функционала при некотором ограничении.

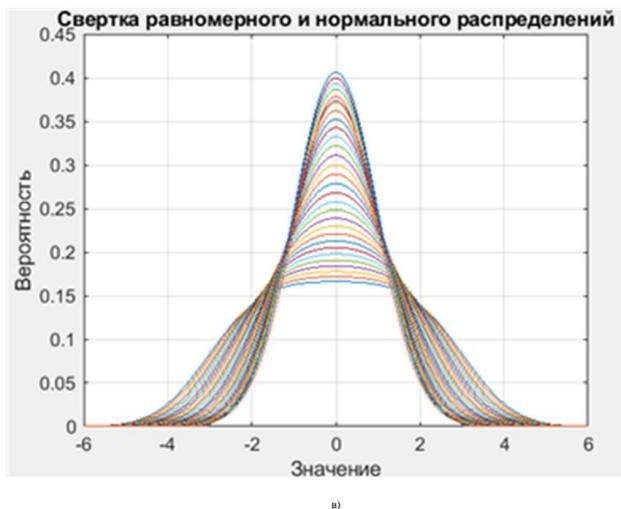
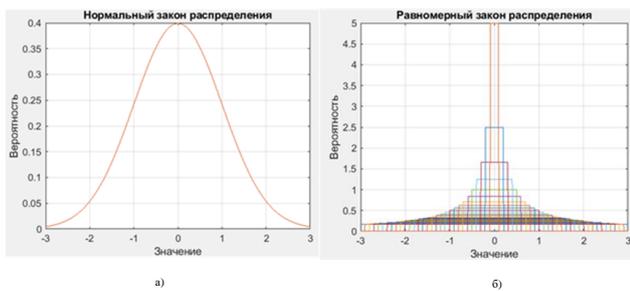


Рис. 1. Результаты моделирования влияния шумов различной интенсивности на результаты измерений

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложена и обоснована возможность оптимизации контроля достоверности измерений РЛС, на основе интервальной оценки с помощью доверительной вероятности. В рамках статьи рассмотрен расчёт точности измерений РЛС.

Также, полученные оценки достоверности могут быть использованы для повышения качества измерений иных радиотехнических систем, таких как связи и навигации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ Р 8.731-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Системы допускового контроля.
- [2] ГОСТ 16263–70 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. «Термины и определения».
- [3] Королюк В.С., Портенко Н.И., Скороход А.В., Турбин А.Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. М.: Наука, 1985.