

# 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  $\gamma$  – 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  $(\theta_n, \theta_b)$ , 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  $(\theta_n, \theta_b)$ .

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.

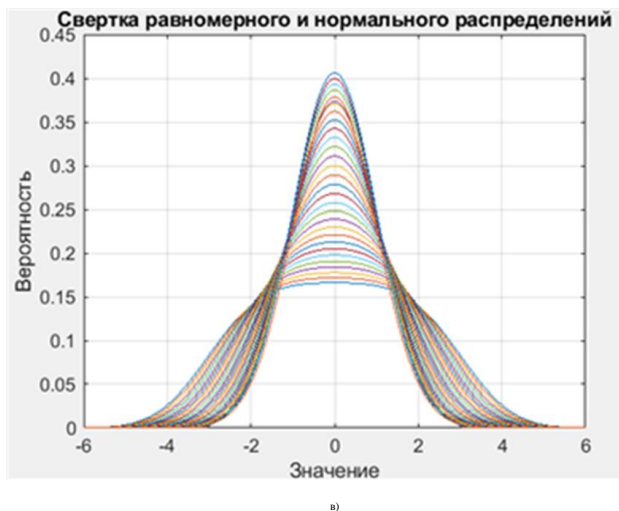
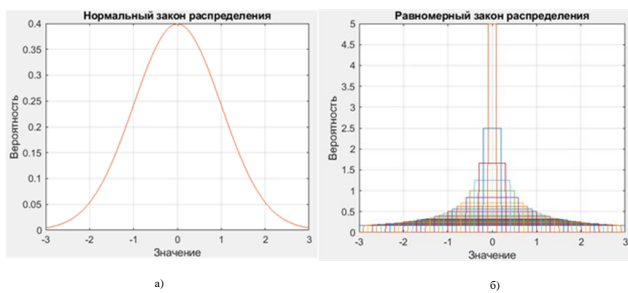


Рис. 1. Результаты моделирования влияния шумов различной интенсивности на результаты измерений

#### 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.