

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНОЙ КОРАБЕЛЬНОЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ

### PREDICTION OF MODERN NAVAL RADIO TECHNIQUE SYSTEM CHARACTERISTICS BY EXTRAPOLATION

**Гринкевич Антон Витальевич**  
**Hrunkevich Anton Vital'yevich.,**  
кандидат технических наук  
(375) 29-762-26-64, e-mail: grav.79@tut.by

**Аннотация:** Разработка перспективной корабельной радиотехнической системы связана со значительным расходом материальных и денежных ресурсов, в связи с этим необходим методический аппарат прогнозирования потенциальных характеристик разрабатываемого образца и оценки его перспективности. Полученные результаты могут использоваться при выработке решений по разработке, производству и эксплуатации сложных радиотехнических систем.

**Abstract:** The development of modern naval radio technique system associated with a significant consumption of material and financial resources. In this regard methodological apparatus for forecasting potential characteristics of developed sample and assess its prospects is necessary. The results can be used by making decisions on the design, manufacture and operation of complex radio technical systems.

**Ключевые слова:** радиотехническая системы, прогнозирование характеристик.

**Key words:** radio system, forecasting characteristics.

#### Введение

В настоящее время продолжает активно развиваться производственная база по проектированию и производству сложных радиотехнических систем. Обеспечение выпуска современной и конкурентоспособной продукции – одна из главных задач производства. В решении этой задачи важная роль отводится правильной постановке задач при обосновании тактико-технических характеристик (ТТХ) создаваемого образца техники на этапе разработки тактико-технического задания (ТТЗ) и возможностей технической реализации ТТХ при его производстве. Так, на этапе согласования ТТЗ, часто возникает *проблема* несоответствия требований предъявляемых к ТТХ разрабатываемой радиотехнической системы и возможностей их технической реализации. В результате формирования ТТЗ возможны следующие ошибки:

предъявляются требования к ТТХ образца превышающие существующие возможности их технической реализации не только в стране, но и в мире;

разрабатывается неконкурентоспособный образец по своим ТТХ не соответствующий мировым аналогам.

Решение указанной проблемы возможно разработкой методического аппарата позволяющего выполнять прогноз реально достижимых значений ТТХ разрабатываемого изделия на установленный период.



исходные данные	–	4	–	–	<1,5	<1	0,5	<0,5
сглаженные значения	–	4	3	2,1	1,5	1,1	0,6	0,5
Условная вероятность ложной тревоги за обзор	–	–	–	менее $10^{-2}$	–	менее $10^{-3}$	менее $10^{-4}$	–

Следующим этапом прогнозирования является подбор аппроксимирующей функции, с достаточной точностью описывающей исследуемый процесс развития ТТХ образца техники во времени. При осуществлении выбора аппроксимирующей функции для  $i$ -й характеристики определено, что наиболее близкой к искомой функции является кубическая парабола вида:

$$y(t) = a_1 + a_2 t + a_3 t^2 + a_4 t^3, \quad (4)$$

где  $a_1, a_2, a_3, a_4$  – неизвестные параметры функции, подлежащие определению;

$t$  – переменная (в нашем случае это время, в течение которого происходит изменение ТТХ). Учитывая равные интервалы времени по 10 лет с 1940 по 2010 годы (таблица 1), для удобства при проведении расчетов переменной  $t$  присваивались значения в виде натуральных чисел от 1 до 8 соответственно рассматриваемому году.

Для определения неизвестных параметров аппроксимирующей функции использовался метод средних. Данный метод основан на минимизации алгебраической суммы отклонения точек от аппроксимирующей кривой. Критерий оптимальности записывается в виде:

$$\sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i, a_1, a_2, \dots, a_m)] \rightarrow \min, \quad (5)$$

где  $y_i, x_i$  – ордината и абсцисса  $i$ -й точки ряда;

$a_1, a_2, \dots, a_m$  – параметры аппроксимирующей кривой.

Для определения неизвестных параметров функции, согласно указанному методу, составлена система уравнений (4) для четырех точек ( $t_1 = 1, t_2 = 3, t_3 = 6, t_4 = 8$ ) [5]:

$$\begin{cases} a_1 + a_2 + a_3 + a_4 - 36 = 0, \\ a_1 + 3a_2 + 9a_3 + 27a_4 - 42 = 0, \\ a_1 + 6a_2 + 36a_3 + 216a_4 - 60 = 0, \\ a_1 + 8a_2 + 64a_3 + 512a_4 - 118 = 0. \end{cases} \quad (6)$$

В результате решения системы уравнений (6) получены значения искомых параметров:  $a_1 = 25; a_2 = 16,03; a_3 = -5,114; a_4 = 0,571$ . Соответственно аппроксимирующая функция записывается в виде:

$$y_{нмм}^*(t) = 25 + 16,03t - 5,114t^2 + 0,571t^3. \quad (7)$$

Точность приближения аппроксимирующей функции к реальному процессу можно оценить по величине вариации, вычисляемой согласно выражению:

$$\delta = \frac{\overline{(y_i - y_i^*)^2}}{y_i^2 - y_i^{*2}} \times 100\%, \quad (8)$$

$y_i$  – значение реальной функции, взятое из таблицы 1;

$y_i^*$  – значение аппроксимирующей функции, вычисленной по (7).

Коэффициент вариации  $\delta$  измеряется в % и показывает расхождение между аппроксимирующей и реальной функцией, описывающей исследуемый процесс. Чем меньше значение  $\delta$ , тем меньше расхождение между указанными функциями. Коэффициент вариации порядка нескольких процентов говорит о достаточном сходстве между аппроксимирующей и реальной функциями. По результатам расчетов  $\delta \approx 2,6\%$ , что говорит о приемлемости полученного результата. Для рассматриваемых нами характеристик значения аппроксимирующей функции в соответствующие интервалы времени, вычисленные в соответствии с (7) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – ТТХ, корабельных обзорных РЛС вычисленные по аппроксимирующим функциям

Технические характеристики	Значения параметра $t$ /соответствует году выпуска								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Дальность обнаружения воздушной цели с ЭОП 1 м <sup>2</sup> на высоте 1000 м, км:	–	40	>45	>70	>90	>100	>120	до 130	до 130
Разрешающая способность по дальности, м:	–	–	–	300	200	<150	<100	<50	до 30
Точность измерения по азимуту, град:	–	4	–	–	<1,5	<1	0,5	<0,5	до 0,3
Условная вероятность ложной тревоги за обзор	–	–	–	10 <sup>-2</sup>	–	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	–	10 <sup>-5</sup>

Анализ полученных значений (таблица 2) показывает, что к 2020 году прогнозируется улучшение характеристик разрабатываемых корабельных обзорных РЛС. Улучшается разрешающая способность по координатам и точность их измерения. Вместе с тем улучшение дальности обнаружения целей на малых высотах достигли своего предела и ограничены дальностью прямой видимости (для целей на высоте 1000 м менее 130 км).

### Заключение

Предложенный метод прогнозирования уровней тактико-технических характеристик образцов техники может быть использован для оценки перспектив развития различных технических систем. Результаты исследований по обоснованию требований по назначению к образцам радиотехники могут использоваться при разработке ТТЗ на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. При этом перспективность разрабатываемых образцов техники целесообразно выполнять путем оценки технического уровня образцов на основе метода максимального правдоподобия [4].

### Список литературы

1. ГОСТ 2.116-84: Карта технического уровня и качества продукции.
2. *Гринкевич, А.В.* Выбор способа оценки технического уровня образцов вооружения, военной и специальной техники / А.В. Гринкевич, Е.Ю. Брызгин, С.А. Савенко // Наука и военная безопасность. – 2012. – № 3 – С.31–36
3. Неопределенность измерения. Введение в руководства по неопределенности измерения: ГОСТ Р 54500.1–2011/ Руководство ИСО/МЭК 98–162009 – Введ. 16.11.2011.–М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: ФГУП «Стандартинформ», 2012. – 18 с.
4. *Гринкевич, А.В.* Оценка технического уровня радиотехнических систем методом максимального правдоподобия / А.В. Гринкевич, Е.Ю. Брызгин // Доклады БГУИР. – 2014. – № 7.

Библиотека БГУИР