

УДК 621.376.52:004.94

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.В. Гринкевич, Ян Мьо Аунг

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь.

Аннотация. Представлен методический подход к оценке технического уровня радиотехнических систем в случае неполноты исходных данных. Полученный результат оценки технического уровня может быть использован для принятия решения о проектировании, производстве и эксплуатации радиотехнических систем.

Ключевые слова: радиотехническая система, качество, технический уровень, погрешность.

Введение

Радиотехническая система (РТС) -это совокупность различных устройств, которые используются для передачи, приема, обработки и хранения информации с использованием радиоволн. Современные РТС превратились в сложные системы, обладающие множеством различных характеристик, таких как разрешение, дальность действия, частотный диапазон, точность, устойчивость к помехам, надежность и т.д.

Обеспечение и повышение качества выпускаемых РТС – одна из главных задач производства. В решении этой задачи важная роль отводится контролю качества на всех этапах производства с целью проверки соответствия показателей качества установленным требованиям. При этом качество РТС представляет меру конструктивного и эксплуатационного совершенства, проявляющуюся в полезных свойствах, совокупность и значения которых отражают возможность удовлетворения требований, предъявляемых на данном этапе к РТС.

Методика оценки ТУ РТС

Оценка уровня качества представляет совокупность операций, включающих выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой РТС, определение значений этих показателей, сравнение их с базовыми значениями или с установленными требованиями и определение степени их соответствия. В зависимости от цели оценки можно сделать выводы:

- качество оцениваемой продукции выше, ниже или на уровне базового образца (образца РТС с которым проводится сравнение);
- качество продукции соответствует или не соответствует установленным требованиям (нормам).

Технический уровень образца – это относительная характеристика его качества, основанная на сравнении значений показателя качества оцениваемого образца с некоторым базовым (эталонным) значением. Численно технический уровень (ТУ) образца выражается через коэффициент технического уровня (КТУ).

$$Q = K_{\text{ТУ}, \gamma} = \left(\sum_{j=1}^m g_j Q_j^\gamma \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

где γ – параметр логики усреднения (при $g = -1$ – среднее гармоническое, при $g=0$ – среднее геометрическое, при $g = 1$ – среднее арифметическое, при $g = 2$ – среднее квадратическое);

g_j – весовые коэффициенты j -го показателя качества; (важность или значимость параметра)

Q_j – оценка j -го единичного показателя качества; (производительность, эффективность и т.д.)

m – число единичных показателей качества.

* Параметр логики усреднения (γ) является коэффициентом, который используется для регулирования или взвешивания вклада различных данных или факторов в процессе усреднения.

В таблице (1) приведены аналитические выражения расчета коэффициента ТУ различными средними взвешенными.

Таблица 1 – Виды средней взвешенной оценки ТУ

Виды среднего взвешенного	Параметр логики усреднения (γ)	Алгоритм расчета
Среднее гармоническое взвешенное	-1	$K_{\text{ТУ гарм}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{g_i}{Q_i}}$
Среднее геометрическое взвешенное	0	$K_{\text{ТУ геом}} = \prod_{i=1}^m Q_i^{g_i}$
Среднее арифметическое взвешенное	1	$K_{\text{ТУ арифм}} = \sum_{i=1}^m g_i Q_i$
Среднее квадратическое взвешенное	2	$K_{\text{ТУ кв}} = \sqrt{\sum_{i=1}^m g_i Q_i^2}$

Расчет коэффициента технического уровня РТС включает четыре основных этапа:

- 1) определение перечня показателей, необходимых для оценки;
- 2) формирование группы аналогов и выделение из их числа базового образца;
- 3) установление значений единичных показателей технического уровня;
- 4) сравнение значений показателей ТУ оцениваемых образцов с базовым.

(1) Для определения перечня единичных показателей качества, необходимых для оценки РТС, требуется ТУ представить в виде иерархической структуры свойств. На рисунке (1) представлен пример иерархической структуры показателей ТУ радиолокационной станции (РЛС). Набор показателей выбирается в зависимости от вида и типа РТС и в соответствии с целями и сложностью решаемой задачи. При уточнении показателей, характеризующих ТУ РТС, следует помнить, что и малозначимые на первый взгляд показатели могут оказать значительное влияние на изменение ТУ. При составлении многоуровневой иерархической структуры на самом высоком уровне находится ТУ, а на самом низком уровне – показатели, характеризующиеся тактико-техническими характеристиками.

(2) При формировании группы аналогов включают однотипные уже существующие отечественные и зарубежные образцы РТС. В качестве базовых образцов, относительно которых производится сравнительная оценка, экспертным путем выбираются общепризнанно лучшие образцы РТС.

(3) Следующим этапом оценки ТУ РТС является численное определение значений единичных показателей ТУ. Значения показателей ТУ определяются:

- прямым измерением с помощью средств измерения, когда искомое значение показателя находят из опытных данных путем экспериментального сравнения;
- косвенным измерением, на основании известной зависимости между показателем и величинами, найденными прямыми измерениями;
- на основании прогноза (при оценке ТУ разрабатываемой РТС);
- экспертным путем.

(4) Расчет оценки ТУ РТС производится в соответствии с выражением (1) одним из способов при $g = [1, 0,1, 2]$ Однако на этапах разработки и производства РТС часто невозможно точно определить значения показателей ТУ, можно только предполагать, что значения показателей будут лежать в

определенном интервале с некоторой вероятностью. Неопределенность значений единичных показателей РТС, а также субъективный характер выбора вида среднего взвешенного приводит к значительной случайной и систематической погрешностям оценки ТУ. Возникновение случайной погрешности обуславливается вероятностным характером значений единичных показателей. Появление систематической погрешности вызвано способом оценивания ТУ (средние величины обладают свойством мажорантности или смещенности).

Поэтому в целях повышения правильности и точности оценки ТУ РТС (уменьшения систематической и случайной погрешностей) предлагается использовать статистический метод оценки неизвестного параметра (оценки ТУ) – метод максимального правдоподобия (ММП), основанный на максимизации функции правдоподобия.

$$L = f(Q, Q_{\text{ср.гарм}}, Q_{\text{ср.геом}}, Q_{\text{ср.арифм}}, Q_{\text{ср.кв}}, \sigma_{\text{ср.гарм}}^2, \sigma_{\text{ср.геом}}^2, \sigma_{\text{ср.арифм}}^2, \sigma_{\text{ср.кв}}^2)$$

Функция правдоподобия достигает максимума при значении оценки ТУ являющейся наиболее эффективной, т. е. несмещенной оценке, имеющей наименьшую дисперсию из всех возможных оценок ТУ. В соответствии с центральной предельной теоремой (сумма большого числа независимых случайных величин имеет распределение близкое к нормальному) средневзвешенные оценки ТУ распределены по нормальному закону. В соответствии с этим, конечное выражение оценки ТУ примет вид

$$Q = g_{\text{ср.гарм}} Q_{\text{ср.гарм}} + g_{\text{ср.геом}} Q_{\text{ср.геом}} + g_{\text{ср.арифм}} Q_{\text{ср.арифм}} + g_{\text{ср.кв}} Q_{\text{ср.кв}}$$

где Q – оценка ТУ РТС;

$g_{\text{ср.гарм}}$ – весовой коэффициент средней гармонической взвешенной оценки ТУ;

$Q_{\text{ср.гарм}}$ – средняя гармоническая взвешенная оценка ТУ;

$g_{\text{ср.геом}}$ – весовой коэффициент средней геометрической взвешенной оценки ТУ;

$Q_{\text{ср.геом}}$ – средняя геометрическая взвешенная оценка ТУ;

$g_{\text{ср.арифм}}$ – весовой коэффициент средней арифметической взвешенной оценки ТУ;

$Q_{\text{ср.арифм}}$ – средняя арифметическая взвешенная оценка ТУ;

$g_{\text{ср.кв}}$ – весовой коэффициент средней квадратической взвешенной оценки ТУ;

$Q_{\text{ср.кв}}$ – средняя квадратическая взвешенная оценка ТУ.

Расчет коэффициентов весомости соответствующих средневзвешенных оценок осуществляется в соответствии с выражениями

$$g_{\text{ср.гарм}} = \frac{\frac{1}{\sigma_{\text{ср.гарм}}^2}}{\frac{1}{\sigma_{\text{ср.гарм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.геом}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.арифм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.кв}}^2}}, \quad g_{\text{ср.геом}} = \frac{\frac{1}{\sigma_{\text{ср.геом}}^2}}{\frac{1}{\sigma_{\text{ср.гарм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.геом}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.арифм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.кв}}^2}},$$

$$g_{\text{ср.арифм}} = \frac{\frac{1}{\sigma_{\text{ср.арифм}}^2}}{\frac{1}{\sigma_{\text{ср.гарм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.геом}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.арифм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.кв}}^2}}, \quad g_{\text{ср.кв}} = \frac{\frac{1}{\sigma_{\text{ср.кв}}^2}}{\frac{1}{\sigma_{\text{ср.гарм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.геом}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.арифм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.кв}}^2}},$$

где $\sigma_{\text{ср.гарм}}^2$ – дисперсия средней гармонической взвешенной оценки ТУ;

$\sigma_{\text{ср.геом}}^2$ – дисперсия средней геометрической взвешенной оценки ТУ;

$\sigma_{\text{ср.арифм}}^2$ – дисперсия средней арифметической взвешенной оценки ТУ;

$\sigma_{\text{ср.кв}}^2$ – дисперсия средней квадратической взвешенной оценки ТУ.

Дисперсии средних взвешенных оценок ТУ определяются в соответствии с выражением:

$$\sigma_{\text{ср}}^2 = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial Q_{\text{ср}}}{\partial Q_j} \right)^2 \sigma_j^2 + \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial Q_{\text{ср}}}{\partial g_j} \right)^2 \sigma_{g_j}^2$$

где $\sigma_{\text{ср}}^2$ – дисперсия средней взвешенной оценки ТУ;

$\frac{\partial Q_{\text{ср}}}{\partial Q_j}$ – частная производная средней взвешенной оценки ТУ по j -му единичному показателю; σ_j^2 – дисперсия j -го единичного показателя;

$\frac{\partial Q_{\text{ср}}}{\partial g_j}$ – частная производная средней взвешенной оценки ТУ по j -му коэффициенту весомости;

$\sigma_{g_j}^2$ – дисперсия j -го коэффициента весомости.

Дисперсия обобщенной оценки ТУ σ_Q^2 определяется в соответствии с выражением;

$$\sigma_Q^2 = \frac{1}{\frac{1}{\sigma_{\text{ср.гарм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.геом}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.арифм}}^2} + \frac{1}{\sigma_{\text{ср.кв}}^2}}$$

На рис.2 Приведен вариант реализации разрабатываемой программы расчета оценки технического уровня РТС, написанной на языке C++.

В докладе приводится методика оценки технического уровня РЛС.

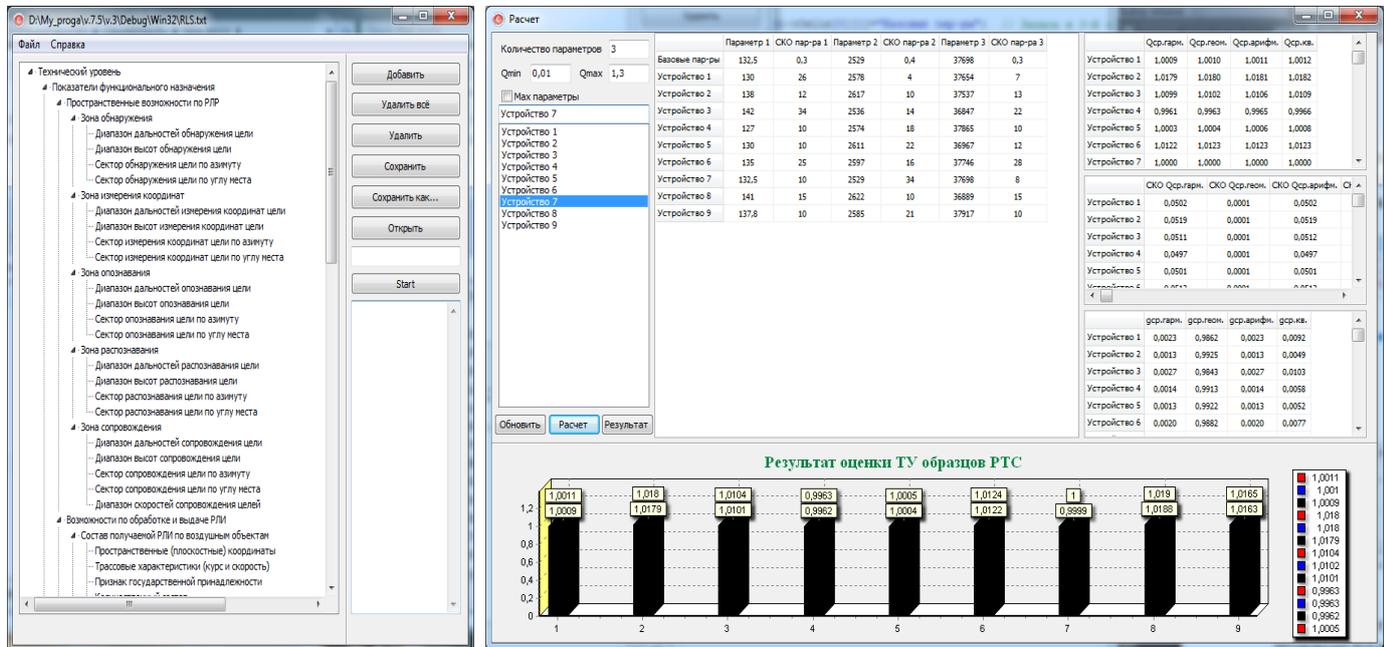


Рис. 2 Вариант реализации программы расчета оценки технического уровня РЛС

Заключение

Разработанная методика оценки ТУ РТС позволяет оценить качество (технический уровень) РТС. В результате преимущество описанного подхода по сравнению с известными заключается в более точной, правильной и достоверной оценке полученного результата (оценке ТУ РТС). Таким образом, оценка ТУ образцов по предложенной методике позволит решать следующие задачи: осуществлять контроль качества и выбор наилучших образцов РТС; обосновывать целесообразность снятия с производства РТС; прогнозировать требования к РТС, их качеству и ТУ; стимулировать повышение качества и объема производства РТС.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 59187.2020. Управление данными о качестве изделий на стадиях жизненного цикла.
2. ОСНОВЫ КВАЛИМЕТРИИ: Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: Е.Е. Смирнова, Д.А. Кремчеева. СПб, 2020. 54 с.
3. ГОСТ Р 1.12-2020, Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.
4. ГОСТ Р ИСО 16336-2020, Статистические методы. ПРИМЕНЕНИЕ К НОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ И ПРОЦЕССУ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКЦИИ.
5. Хамханова Д.Н. Теоретические основы обеспечения единства экспертных измерений. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006.
6. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений. СПб, 2010.
7. Методологические основы обеспечения единства измерений. Аттестация алгоритмов обработки квалиметрической информации: Отчет о НИР (промежуточ.) // Восточно-Сибирский государственный технологический университет ВСГТУ); Руководитель Д.Н. Хамханова. № ГР; инв. Улан-Удэ, 2005. 90 с.
8. Хамханова Д. Н., Юмсунова А. В. Качество экспертной комиссии // Сб. научных трудов. Сер. Технология и биотехнология, оборудование пищевых и кормовых продуктов. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. Вып. 10. С.63-66.
9. Харитонов Е. В. Метод согласования результатов субъективных измерений // Измерительная техника. 2000. № 9.