



### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

*Алефиренко Виктор Михайлович*  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

*E-mail: alefirenko@bsuir.by*

*Зубрицкий Евгений Дмитриевич*  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

*E-mail: zzubritski@gmail.com*

*Денскевич Артем Дмитриевич*  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

*E-mail: a.denskevich@bsuir.by*

**Аннотация.** Приведены результаты расчётов комплексных арифметических и геометрических показателей качества металлоискателей, позволяющие проводить сравнительный анализ технических характеристик и предварительно выбирать наиболее подходящую модель металлоискателя для решения конкретных задач по поиску предметов в укрывающих средах.

**Ключевые слова:** металлоискатели, принцип работы, технические характеристики, качество, показатели, комплексная оценка.

Металлоискатель – электронный прибор, позволяющий обнаруживать металлические предметы в нейтральной или слабопроводящей среде за счет их проводимости. Это возможно благодаря тому, что металлоискатель излучает радиоволны, и при улавливании вторичных сигналов, то есть при обнаружении металла, данный прибор информирует об этом факте посредством звукового сигнала либо перемещением стрелки на приборе. Металлоискатель обнаруживает металл в различных укрывающих средах: грунте, воде, стенах, в древесине, под одеждой, в багаже, в пищевых продуктах, в организме человека и животных и т. д. При включении металлоискателя в его поисковой головке

образуется электромагнитное поле, распространяющееся в окружающую среду. Если в зону действия поисковой катушки металлоискателя попадает металлический объект, то под воздействием электромагнитного поля на его поверхности возникают вихревые токи. Эти токи создают встречное электромагнитное поле, которое снижает мощность электромагнитного поля поисковой катушки, что и фиксируется электронной схемой металлоискателя. Она обрабатывает полученную информацию и сигнализирует о присутствии металла. На рисунке 1 показан принцип работы металлоискателя. Благодаря развитию микроэлектроники современные металлоискатели являются компактными и надежными приборами [1].

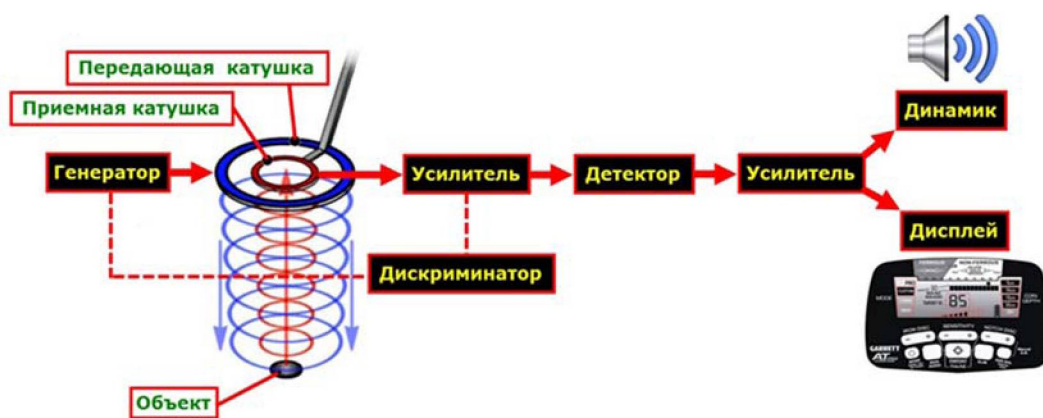


Рис. 1 Принцип работы металлоискателя

На рынке металлоискателей представлено достаточно большое количество различных моделей, отличающихся числовыми значениями технических характеристик, что может вызвать определенную сложность при выборе необходимой модели для решения тех или иных задач по поиску различных предметов в укрывающих средах. Для сравнительного анализа может быть использован метод комплексной оценки качества, позволяющий проводить предварительную оценку уровня качества каждой модели с учетом всех используемых технических характеристик. Такой метод хорошо проявил себя при сравнительном анализе уровня качества технических средств различного назначения [2, 3].

Комплексный метод оценки качества изделий предполагает использование комплексных показателей, в качестве которых могут использоваться:

- средневзвешенный арифметический

$$K_{\text{ариф}} = \sum_{i=1}^m \alpha_{Hi} \cdot k_{Hi} ; \quad (1)$$

- средневзвешенный геометрический

$$K_{\text{геом}} = \sqrt[m]{\prod k_{\text{Hi}}^{\alpha_{\text{Hi}}}}; \quad (2)$$

где  $k_{\text{Hi}}$  – нормированный  $i$ -й единичный показатель;  $\alpha_{\text{Hi}}$  – нормированный коэффициент, характеризующий вес (значимость, важность)  $i$ -го единичного показателя;  $m$  – количество единичных показателей, принятых во внимание.

Как видно из формул (1) и (2) средневзвешенный показатель характеризует  $m$  различных свойств изделия.

Для получения нормированных (безразмерных) значений единичных показателей  $k_{\text{Hi}}$  могут использоваться следующие выражения:

$$K_{\text{Hi}} = \frac{k_i - k_{\text{кр}i}}{k_{\text{опт}i} - k_{\text{кр}i}}; \quad K_{\text{Hi}} = \frac{k_i}{k_{\text{max}i}}; \quad K_{\text{Hi}} = \frac{k_{\text{min}i}}{k_i}, \quad (3)$$

где  $k_i$  – исходное значение  $i$ -го единичного показателя;  $k_{\text{кр}i}$  – критическое значение  $i$ -го единичного показателя;  $k_{\text{опт}i}$  – оптимальное значение  $i$ -го показателя;  $k_{\text{max}i}$  – максимальное значение  $i$ -го показателя;  $k_{\text{min}i}$  – минимальное значение  $i$ -го показателя.

Если исходные значения  $k_i$  лежат в пределах  $k_{\text{кр}i} < k_i < k_{\text{опт}i}$  или  $k_{\text{опт}i} < k_i < k_{\text{кр}i}$ , то нормированные значения  $k_{\text{Hi}}$  будут лежать в пределах  $0 < k_{\text{Hi}} < 1$ .

Коэффициенты значимости  $\alpha_{\text{Hi}}$  для выражений (1) и (2) должны выбираться соответственно таким образом, чтобы обеспечивалось соответственно одно из условий:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_{\text{Hi}} = 1; \quad \prod_{i=1}^m \alpha_{\text{Hi}} = 1. \quad (4)$$

То есть коэффициенты значимости должны лежать в пределах  $0 < \alpha_{\text{Hi}} < 1$ .

Для сравнения было выбрано 8 моделей металлоискателей, выпускаемых различными фирмами: Garrett EUROACE ACE 350a, Garrett ACE 150, Nokta (Makro) Anfibio 14, Nokta MAKRO SIMPLEX PLUS, Fisher F22, FISHER F75, АКА Сорекс 7281 Pro, MINELAB E-Trac.

В качестве единичных показателей использовались их основные технические характеристики: максимальная глубина обнаружения, количество поисковых программ, время работы, диапазон рабочих температур, габаритные размеры, вес, гарантийный срок, цена.

На рисунке 2 представлено распределение комплексных арифметических показателей качества металлоискателей в виде столбиковой диаграммы.

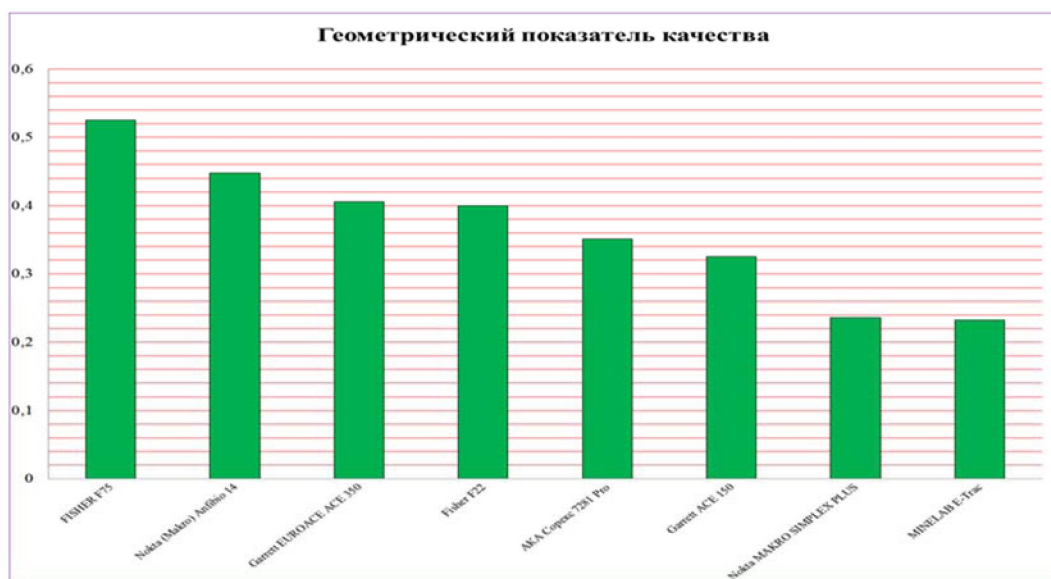


Рис. 2 Распределение комплексных арифметических показателей качества металлоискателей

Как видно из рисунка 2, наибольшее значение комплексного арифметического показателя качества наблюдается у модели FISHER F75, которое составляет 0,61, а наименьшее – у модели MINELAB E-Trac, которое составляет 0,33. Что касается остальных моделей, то значения комплексного арифметического показателя качества близки между собой и лежат в пределах от 0,52 до 0,4.

На рисунке 3 представлено распределение комплексных геометрических показателей качества металлоискателей в виде столбиковой диаграммы.

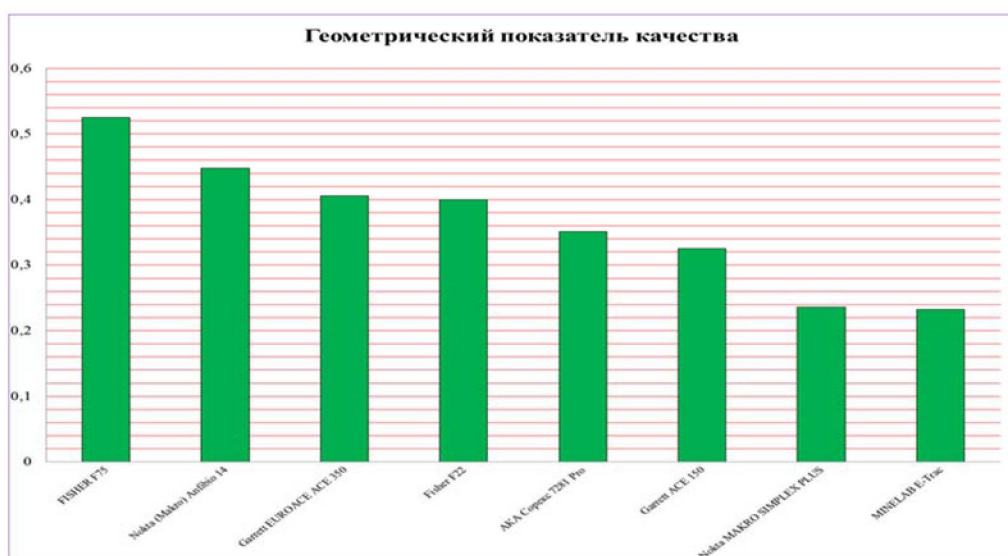


Рис. 3 Распределение комплексных геометрических показателей качества металлоискателей

Из рисунка 3 видно, что, как и в предыдущем случае, первое место заняла модель FISHER F75 со значением 0,53, а последние места – модели Nokta MAKRO SIMPLEX PLUS и MINELAB E-Trac со значениями 0,24 и 0,23 соответственно. У остальных моделей значения комплексного геометрического показателя качества также близки между собой и лежат в пределах от 0,45 до 0,41, при этом наблюдается перераспределение мест у некоторых моделей. На рисунке 4 представлен внешний вид металлоискателя, занявшего первое место по комплексному арифметическому и геометрическому показателю качества.



Рис. 4 Внешний вид металлоискателя FISHER F75

Проведенный сравнительный анализ металлоискателей с использованием комплексных арифметического и геометрического показателей качества, учитывающих числовые значения технических характеристик, позволяет наглядно представить распределение различных моделей по уровню качества, что облегчает предварительный выбор конкретной модели для решения той или иной задачи по поиску объектов в укрывающих средах.

#### Литература:

1. Как работают металлоискатели? Устройство и принцип работы металлоискателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://md911.blogspot.com/2013/03/kak-rabotayut-metalloiskateli.html?m=1>
2. Алефиренко В.М., Денскевич А.Д., Зубрицкий Е.Д. Анализ технических характеристик нелинейных локаторов с помощью комплексного арифметического показателя качества // Science Time. – 2024. – № 12 (131). – С. 82-86.
3. Алефиренко В.М., Денскевич А.Д., Зубрицкий Е.Д. Анализ технических характеристик металлодетекторов с помощью комплексного геометрического показателя качества // Сетевое издание «Научные исследования XXI века». – 2025. – № 1 (33). – С. 6-10.