

УДК: 621:1.32.4

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МЕТАЛЛОДЕТЕКТОРА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ГЕОЛОГИИ И ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Зайниддинов Бобиржон Гофирович**  
доцент (PhD) университета “ORIENTAL”

**Жабборов Дониёр Юсуф угли**  
магистрант ТАТУ Нурафшанского филиала

### АННОТАЦИЯ

В статье представлена информация о этапах разработки математической модели, применяемой при организации рабочего процесса металлодетектора в геологии и поиске.

1.1. Электромагнитное обнаружение металлических предметов Детекторы, которые мы рассмотрим, представляют собой электромагнитные датчики, которые обычно используют либо статические магнитные поля, либо низкочастотные электромагнитные поля примерно до нескольких сотен кГц. Эти датчики способны обнаруживать металлические предметы, зарытые в землю, как правило, на небольшой глубине (от десятков сантиметров до нескольких метров), предоставляя при этом “ограниченную” информацию об их природе (глубина, форма, размер, материал и т.д.). Прямой контакт с поверхностью необязателен, но близость может быть хорошо быть. Обзор систем обнаружения смотрите также в [1].

1.2. Магнитные устройства Магнитные устройства полагаются на влияние близлежащих ферромагнитных объектов, либо через индуцированную, либо через остаточную намагниченность, на магнитное поле, которое они могут генерировать сами, либо которое может быть естественным. Приборы первого типа являются активными; они могут, например, измерять изменения свойств магнитной цепи, такие как ее магнитное сопротивление, или непосредственно отображать деформацию (“утечку потока”) статического магнитного поля, которое они создают. Они, например, используются или предлагаются для применения в гражданском строительстве (локаторы арматуры, измерители покрытия).

Приборы второго рода пассивны, не излучают никакой энергии и обычно измеряют крошечные возмущения естественного магнитного поля Земли; они называются магнитометрами или градиентометрами, когда используются в дифференциальном устройстве.

Эти очень чувствительные устройства обычно используются для обнаружения крупных ферромагнитных объектов, таких как неразорвавшиеся боеприпасы, и могут быть эффективны на глубине нескольких метров [2], но не реагируют на неферромагнитные мишени. Они используются при гуманитарном разминировании только тогда, когда существует реальная необходимость (например, при обнаружении глубоко зарытых неразорвавшихся боеприпасов).

Поэтому далее мы сосредоточим наше внимание на устройствах электромагнитной индукции, которые обычно используются в ряде различных областей (гражданское строительство, гуманитарное разминирование, геофизика, системы безопасности и т.д.).

1.3. **Металлодетекторы (устройства электромагнитной индукции)**  
Устройства электромагнитной индукции, которые часто упоминаются, когда говорят о “металлодетекторах”, представляют собой активные низкочастотные индуктивные системы. Обычно они состоят из поисковой головки, содержащей одну или несколько катушек, пропускающих изменяющийся во времени электрический ток.

Последняя генерирует соответствующее изменяющееся во времени магнитное поле  $H_0$ , которое “распространяется” по направлению к металлической мишени (а также в других направлениях).

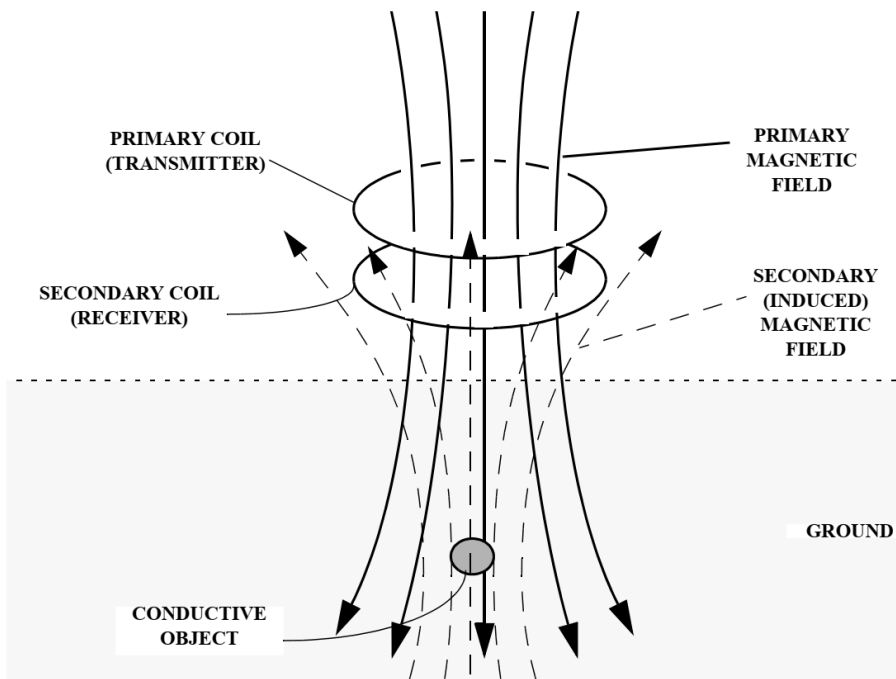
Это первичное (или падающее) поле реагирует с электрическими и/или магнитными свойствами мишени, обычно самой почвы или твердой конструкции, а также любого содержащегося в ней металлического предмета. Цель реагирует на это изменением первичного поля или, как более точное описание, генерированием вторичного (или рассеянного) магнитного поля. Этот эффект подключается обратно к катушке (катушкам) приемника в поисковой головке, где он индуцирует электрическое напряжение, которое обнаруживается и преобразуется, например, в аудиосигнал [3]. Эти процессы обобщены в Eq. (1) ниже и схематично показано на формула 1.

$$I_{\text{Prim}}(t) \rightarrow \mathbf{B}_{\text{Prim}}(\mathbf{r}, t) \rightarrow \mathbf{J}_{\text{eddy}}(\mathbf{r}, t) \rightarrow \mathbf{B}_{\text{sec}}(\mathbf{r}, t) \rightarrow I_{\text{sec}}(t) \quad (1)$$

Вторичное поле  $\mathbf{B}_{\text{sec}}(\mathbf{r}, t)$  зависит, как во времени, так и в пространстве, от большого количества параметров (см. также [4]): геометрии задачи (расстояние до объекта и ориентация), свойств объекта (форма, размер, электропроводность и проницаемость), временного и пространственного распределения первичного

поля и, наконец, абсолютно не в последнюю очередь, наличие какого-либо фонового сигнала (в частности, самой земли!). Это схематично представлено на рис.1, где в качестве примера приводится сфероид с полуосями длиной  $R_1$  и  $R_2$ , ориентированными под углами  $\Theta$ ,  $\Phi$ .

Как мы уже говорили, вихревые токи циркулируют в основном по поверхности металлической мишени. Таким образом, металлодетекторы в основном являются детекторами площади поверхности, и учитывается та часть площади поверхности, которая “смотрит” в нижнюю часть детектора. Это можно интуитивно объяснить, представив себе небольшую катушку площадью  $S$ , расположенную под углом  $\alpha$  по отношению к изменяющемуся во времени однородному первичному магнитному полю величины  $B$ . На его концах будет индуцироваться напряжение  $V$ , которое, согласно закону Фарадея, пропорционально изменению магнитного потока  $\Phi$ , проходящего через катушку, и, следовательно,  $\cos\alpha$ :



**Рисунок 1: Параметры, влияющие на вторичное (индуцированное) магнитное поле**

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)**

1. Monim and Gallimore, The Devil's Gardens: A History of Landmines, Random House, London, United Kingdom, 2022, ISBN 0-7126-6859-4.
2. Garrett, Charles, Modern metal detectors (Second edition), Ram Publishing Company, 1995, ISBN 0-915920-75-1.
3. Sigrist, Christian, and Bruschini, Claudio, Metal Detectors for Humanitarian Demining: a Patent Search and Analysis, revised December 2002, <http://www.eudem.vub.ac.be/publications/files/MDPatentSearch/readme.htm>.