Секция: «Прямые и обратные задачи геоэлектрики, обработка данных», устный доклад

УДК 519.63

### ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ГЕОЭЛЕКТРИКИ В НЕОДНОРОДНЫХ 3D ОБЛАСТЯХ С РЕЛЬЕФОМ

### Иванов М.И.1, Кремер И.А.1

### 1 – Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, [kremer@aoritm.com](mailto:kremer@aoritm.com)

Аннотация

В работе рассматриваются возможности численного моделирования электромагнитных полей в неоднородных 3D средах с рельефом. Для источников поля, представляющих набор заземленных электрических линий, реализован алгоритм аддитивного выделения особенностей решения в малых окрестностях источников. Обсуждаются численные аспекты применения данного алгоритма.

*Ключевые слова: уравнения Максвелла, выделение особенностей решения.*

В работе рассматриваются вопросы решения квазистационарной системы уравнений Максвелла в неоднородных по электромагнитным свойствах 3D средах во временной области. Система уравнений записывается в терминах векторного магнитного потенциала

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

Здесь – магнитная проницаемость, – относительная электрическая проводимость, – плотность тока в источнике, – скалярный электрический потенциал, удовлетворяющий в уравнению

На границах раздела сред с различными электромагнитными свойствами выполняются условия сопряжения

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

– вектор нормали к границе раздела сред а квадратные скобки обозначают скачок соответствующей величины на этой границе. На внешней границе расчетной области выполняются однородные условия для касательной компоненты векторного потенциала

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Система уравнений (1) - (3) дополняется начальными условиями

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Функция удовлетворяет условиям (2) - (3) и стационарной системе уравнений

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Если в качестве источника электромагнитного поля используются различные комбинации заземленных электрических линий, то в решении появляются особенности, связанные с огромной разницей между размерами расчетной области и поперечными размерами источника. Данную ситуацию следует учитывать при построении численных схем. Один из способов такого учета заключается в том, что из расчетной области выделяется некоторая горизонтально-слоистая среда с известным аналитическим решением содержащим особенность. Затем, общее решение задачи представляется в виде суммы первичного поля и регулярного остатка который определяется численным способом

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

При этом, функция имеет глобальный характер, поскольку определена в каждой точке расчетной области. Недостатки такого подхода проявляются в ситуациях, когда невозможно выделить горизонтально-слоистую среду. Например, если на дневной поверхности требуется учитывать рельеф, или в случае, если источник расположен над средами с различными электромагнитными свойствами.

В представленной работе предложен альтернативный способ выделения особенности решения. Мы предполагаем, что источник поля (линия ) присутствует только в начальный момент времени, поэтому дальнейшие рассмотрения производятся для стационарной системы уравнений (5). Основная идея метода состоит в том, что особенность решения можно выделить локально – только в малой - окрестности источника (Рис. 1.).

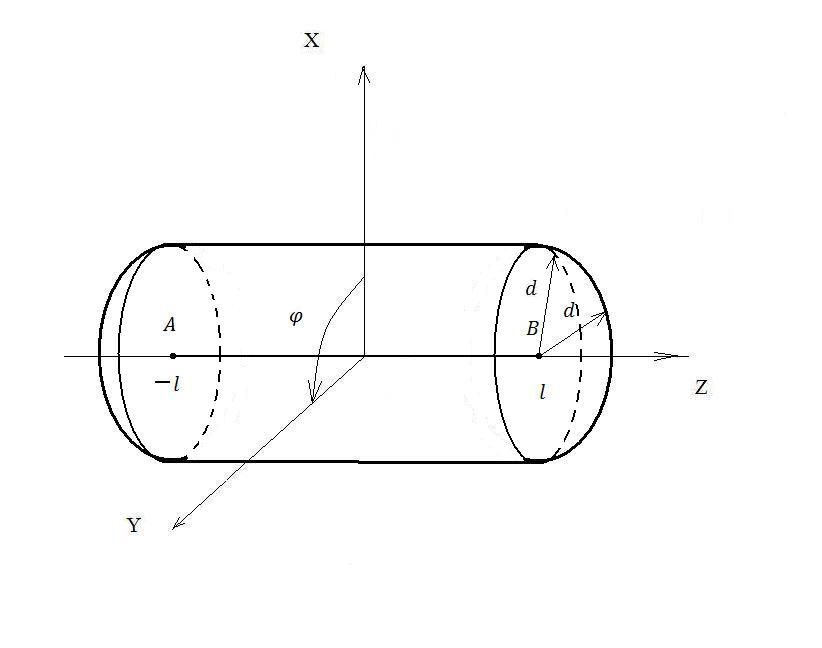


Рис. 1. Окрестность линии

С этой целью, формируется отдельная задача в окрестности источника

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

с однородными краевыми условиями на границах окрестности

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

Задача решается аналитическим способом, с использованием закона Био-Савара-Лапласа. Краевое условие (8) позволяет продолжить функцию нулем на оставшуюся часть расчетной области. В этом случае, общее решение так же представляется в виде (6) и из условий (2) для функции возникают неоднородные условия сопряжения на границе окрестности

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

которые учитываются в постановке задачи для в области

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

Для численного решения задачи (10), (9) с условиями (2), (6) используется векторный метод конечных элементов на сетке, составленной из тетраэдров [1]. Граница окрестности может пересекать тетраэдры, образующие сетку области. Формирование правой части для функции осуществляется численным способом с использованием поверхностных квадратурных формул. В докладе представлены результаты тестирования алгоритма. Для модельной задачи в однородном полупространстве с известным аналитическим решением, исследовалась точность численного решения в зависимости от значений шага сетки около источника и параметра Как показали численные эксперименты, зависимость решения от параметра слабая, в то время как параметр существенно влияет на точность численного решения.

В сложных ситуациях, когда источник располагается над средами с различными электромагнитными свойствами, и когда на дневной поверхности требуется учитывать рельеф, используется разбиение линии на элементарные прямолинейные участки над однородными средами. Вычисления на элементарных участках производятся по описанному выше алгоритму. В концах элементарных линий допускаются среды с различными электромагнитными свойствами.

1. Иванов М.И., Катешов В.А., Кремер И.А., Эпов М.И., Программное обеспечение модем 3D для интерпретации данных нестационарных зондирований с учетом эффектов вызванной поляризации //Записки Горного института – 2009. – Т. 183. – С. 242 – 245.