

УДК 620.179.14

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ РАССЕЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ДЕФЕКТА

© Кияшко Д.Г., 2006

Восточноукраинский национальный университет им. В.Даля, г. Луганск

Выполнен анализ численных методов расчета стационарных магнитных полей, нашедших применение в области неразрушающего контроля. Показано, что одним из наиболее эффективных методов расчета является метод конечных элементов. Разработана модель поверхностного дефекта типа бесконечно глубокой трещины с помощью инструментальных средств программы ELCUT. С помощью компьютерной модели выполнен анализ тангенциальной и нормальной составляющих поля рассеяния дефекта. Выполнено сравнение результатов компьютерного моделирования с результатами, полученными другими авторами

Как известно, для решения основной задачи магнитной дефектоскопии – определения допустимости обнаруженного дефекта в данной конструкции – необходима достаточно полная информация о закономерностях формирования магнитных полей рассеяния от дефектов известной формы. Эта проблема сводится к решению краевой задачи для скалярного потенциала магнитного поля. Аналитическое решение такой задачи возможно для очень узкого класса практически встречающихся форм дефектов. Широкое распространение получили приближенные аналитические методы решения или аналитические модели магнитных полей дефектов, полученные разными авторами. Например, известна аналитическая модель дефекта типа бесконечно глубокой трещины, полученная Ф.Ферстером, исходя из метода конформных преобразований [1]. Для трещины конечной глубины получены аналитические модели Зацепиным Н.Н. и Щербининым В.Е. [2...4]. Эти авторы ввели понятие «магнитных зарядов» и свели искомую задачу к определению пространственного распределения поля, создаваемого этими зарядами. Известны и другие приближенные аналитические модели полей рассеяния дефектов. Однако при решении основной задачи магнитной дефектоскопии влияние погрешности приближенных аналитических моделей становится практически неконтролируемым.

В последние годы появились многочисленные алгоритмы и программы, основанные на использовании численных методов моделирования

магнитных полей. Численные методы отличаются высокой точностью и применимы для широкого класса геометрических форм.

Практическое использование таких программ позволяет создать подобие реального процесса распределения магнитного поля рассеяния в области дефекта и выполнить визуализацию этого поля. К преимуществам компьютерного моделирования также можно отнести: возможность построения моделей дефектов различной степени идеализации; простоту выполнения измерений параметров магнитного поля и наглядность представления результатов экспериментов. Актуальность проблемы разработки компьютерных моделей в значительной степени обусловлена возможностями их применения в системах дистанционного обучения [5].

На практике широкое распространение получили такие численные методы, как: метод конечных разностей (МКР), метод конечных элементов (МКЭ), метод граничных интегральных уравнений. В общем случае эффективность численного метода определяется величиной требуемой оперативной памяти вычислительной машины и временем вычисления при заданной точности расчета. Не проводя здесь детального сравнения численных методов, отметим лишь тот факт, что метод конечных элементов показал достаточно высокую эффективность при решении целого ряда прикладных задач. МКЭ рекомендуется также предпочтительнее применять при расчете поля в резко неоднородной среде. Вариационный подход,

используемый в МКЭ, приводит к улучшенному приближению граничных условий на границе раздела сред с различной магнитной проницаемостью. Условия равенства нормальной составляющей индукции и тангенциальной составляющей напряженности поля на границах раздела сред в МКЭ создаются автоматически.

Целью настоящей работы является разработка и исследование компьютерных моделей для дефекта типа бесконечно глубокой трещины и обоснование возможности использования этих моделей для решения практических задач.

На сегодняшний день существуют разнообразные программы, основанные на применении метода конечных элементов. В общем случае алгоритм решения поставленной задачи с помощью МКЭ включает в себя следующие этапы:

идеализация среды расчетной области, т.е. представление ее конечным числом элементов определенного вида. в двумерном случае в качестве элементов обычно выбираются треугольники, в трехмерном – призмы;

составление алгебраических уравнений для значений искомой функции в узлах элементов;

решение объединенной системы алгебраических уравнений и расчет характеристик магнитного поля в элементах и узлах области.

Одной из таких программ, которая была использована для построения компьютерных моделей полей рассеяния дефектов, является система моделирования двумерных краевых задач методом конечных элементов *ELCUT 4.2T* и ее бесплатно распространяемая студенческая версия. С помощью компьютерного моделирования была решена следующая задача: «Исследование магнитного потока рассеяния бесконечно глубокой трещины в ферромагнитном изделии при $\mu = \text{const}$ ». Были исследованы закономерности распределения нормальной и тангенциальной составляющих напряженности магнитного поля рассеяния (в линейном приближении) в зависимости от ширины дефекта и расстояния точки измерения от поверхности объекта контроля. Результаты этих исследований представлены на рис.1...3. Следует отметить, что все результаты представлены для двумерного случая, т.е. когда толщина стенки изделия намного больше ширины дефекта. Из рассмотрения графиков, представленных на указанных рисунках, можно сделать следующие выводы:

для получения информации о размерах дефекта необходимо максимальное приближение датчика к поверхности объекта контроля;

при $y/2b=0,75$ выявляются два четких максимума в тангенциальной компоненте H_x/H_b , расстояние между которыми меньше расстояния

между границами дефекта. При расстоянии $y/2b=0,5$ оба максимума сдвинуты дальше внутрь, в то время как при $y/2b=0,25$ выявляется только один максимум над центром щели;

нормальная компонента H_y/H_b напряженности магнитного поля рассеяния также показана на указанных рисунках. Здесь оба экстремальных значения компоненты H_y/H_b с ростом расстояния $y/2b$ смещаются наружу к большим значениям $x/2b$. При $x=0$, т.е. над центром трещины, имеется только x -компонента потока рассеяния.

Было выполнено сравнение результатов компьютерного моделирования с результатами, полученными с помощью метода конформных преобразований, выполненных Ф. Ферстером [1]. Расхождения в результатах не превысили 10%.

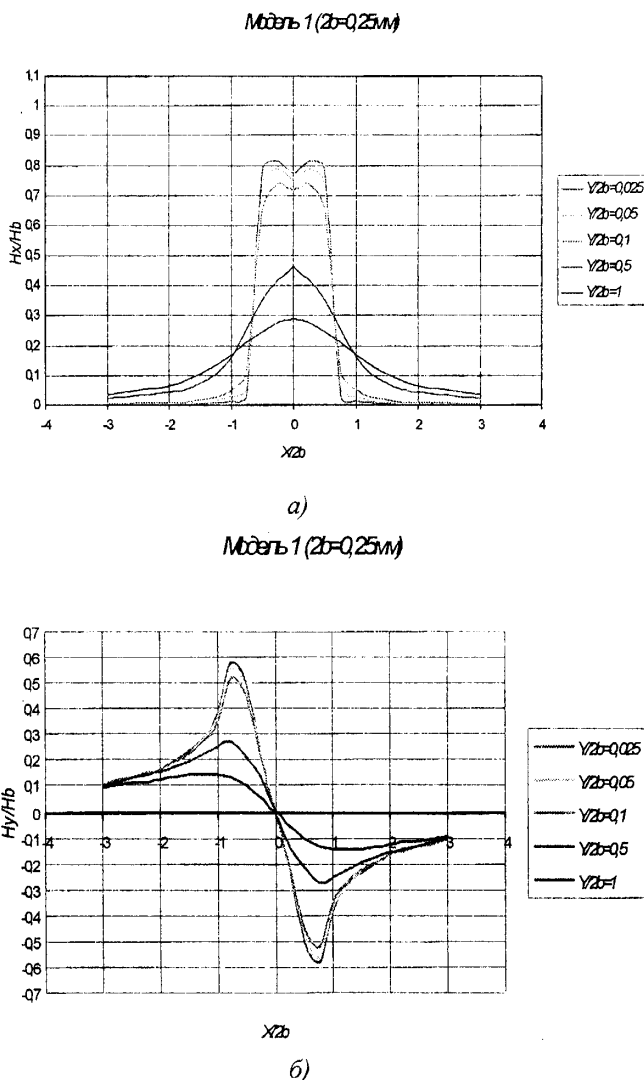


Рис. 1. Тангенциальная H_x/H_b (а) и нормальная H_y/H_b (б) компоненты потока рассеяния над выходом бесконечно глубокой трещины на поверхность (модель 1)

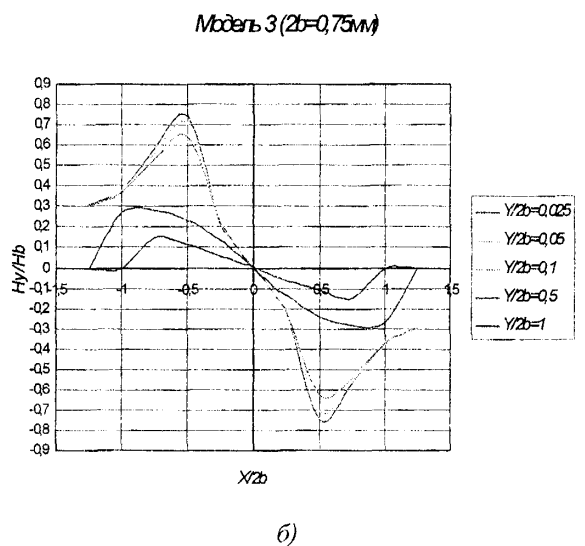
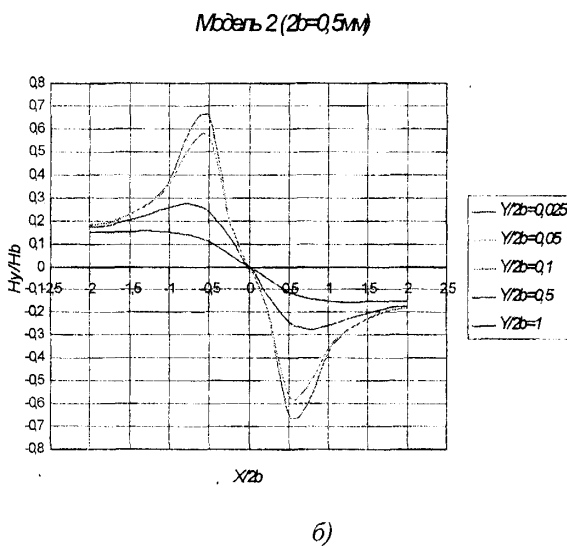
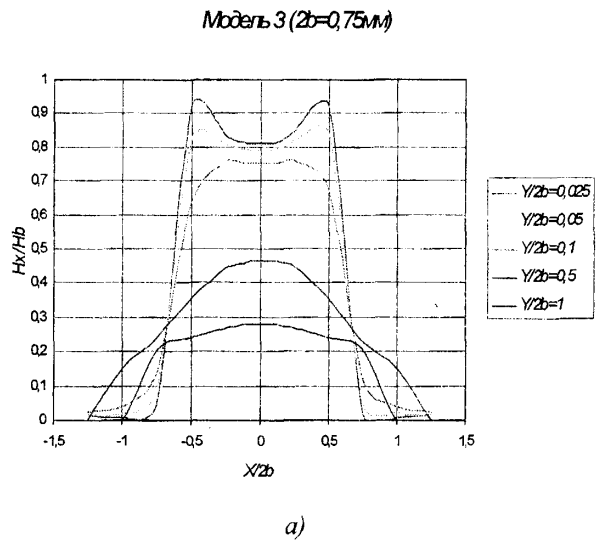
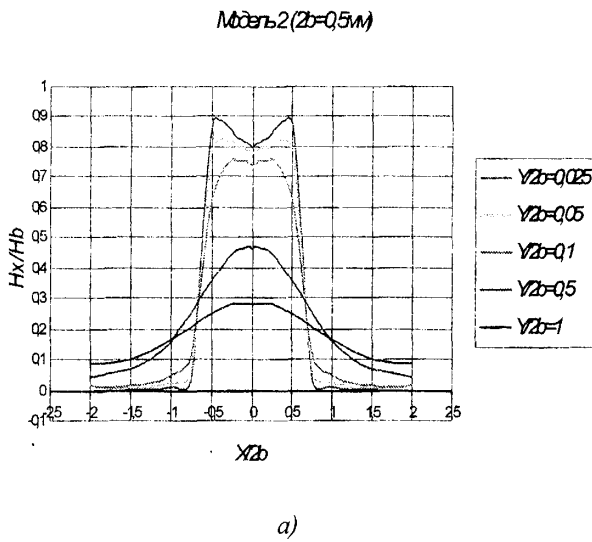


Рис. 2. Тангенциальная H_x/H_b (а) и нормальная H_y/H_b (б) компоненты потока рассеяния над выходом бесконечно глубокой трещины на поверхность (модель 2)

Рис. 3. Тангенциальная H_x/H_b (а) и нормальная H_y/H_b (б) компоненты потока рассеяния над выходом бесконечно глубокой трещины на поверхность (модель 3)

1. Ферстер Ф. Неразрушающий контроль методом магнитных полей рассеяния. Теоретические и экспериментальные основы выявления поверхностных дефектов конечной и бесконечной глубины // Дефектоскопия. – 1982, №11. – С.3-24. 2. Зацепин Н.Н., Щербинин В.Е. К расчету магнитостатического поля поверхностных дефектов. Топография полей моделей дефектов // Дефектоскопия. – 1966, №5. – С.50-59.

3. Зацепин Н.Н., Щербинин В.Е. К расчету магнитостатического поля поверхностных дефектов. Экспериментальная проверка основных расчетных закономерностей // Дефектоскопия. – 1966, №5. – С.59-65. 4. Зацепин Н.Н. Коржева Л.В. Магнитная дефектоскопия. – М.: Наука и техника, 1981. – 208с. 5. Шведчикова И.А. Физические основы магнитного контроля. – Луганск: изд-во ВУГУ ім. В. Даля, 2004. –164 с.