

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата физико-математических наук, доцента **Владимира Васильевича Ласукова** на диссертацию Юлии Геннадьевны Янц «Решение обратной задачи для электромагнитного поля, созданного электрическим или магнитным дипольным моментом», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

Диссертация Ю.Г. Янц посвящена решению обратной задачи для электромагнитного поля, изменяющегося со временем дипольного момента. Поле дипольного момента изучено достаточно широко – известны выражения для напряженностей электрического и магнитного поля, Фурье-разложение для этих полей, выражение для мощности и спектра излучения. Обратная задача для электромагнитного поля, созданного дипольным электрическим моментом, рассматривалась ранее только для случая стационарного поля. Тем не менее, существуют множество практических примеров, в которых необходимо определить положение изменяющегося со временем источника электромагнитного поля в пространстве, по известному, создаваемому им полю.

Решение обратной задачи для поля диполя может быть использовано во многих, практически важных задачах, для восстановления динамики дипольного момента, по известному полю, которое он создает. Среди таких задач можно выделить три: экспериментальное исследование флексоэлектрического эффекта, низкотемпературного ядерного синтеза и кинетических аспектов процесса разрушения. Флексоэлектрический эффект является относительно новым эффектом и экспериментально изучен слабо. Он состоит в линейном отклике поляризации на градиент деформации и в первую очередь интересен тем, что описывает возникновение поляризации в непьезоэлектрическом кристалле под действием неэлектрического воздействия. Наиболее перспективной моделью низкотемпературного ядерного синтеза является модель, основанная на ускорении ядер дейтерия в сильных электрических полях, возникающих при механическом разрушении твердых тел. Дело в том, что при разрушении на берегах трещин возникают заряды, создающие сильные поля вплоть до $E \approx 10^8 \frac{B}{cm}$. В таком конденсаторе, образованном трещиной, ион дейтерия может приобрести энергию $W \approx 1 \div 10 \text{ кэВ}$, достаточную для преодоления кулоновского барьера и инициирования реакции $D + D \rightarrow {}^3H + n$. Обратная задача актуальна и для электромагнитного предвестника землетрясений.

Этим и определяется практическая значимость темы диссертации что, несомненно, делает исследование актуальным и своевременным.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав и заключения.

Первая глава посвящена исследованию электромагнитного поля дипольного

момента в ближней и дальней зонах. В частности, рассмотрены интересные и неожиданные свойства инвариантности электромагнитного поля диполя относительно определенных преобразований дипольного момента, которые имеют существенное значение для решения обратной задачи. Также рассмотрено распределение потока энергии на любых расстояниях от диполя. Анализируются процессы обмена энергией между полем и источником.

Данный подход позволяет определить условия при которых сформулированная задача будет иметь однозначное решение. Подробное исследование поля диполя в ближней зоне позволяет определить знак направления на источник поля, в полученном в диссертационной работе решении обратной задачи.

Во **второй главе** сформулирована обратная задача для электромагнитного поля, изменяющегося со временем дипольного момента. В качестве исходных данных взяты напряженности электрического и магнитного полей как функции времени. Это позволило определить величину дипольного момента и его динамику и положение в пространстве. Используемый способ дает решения, которые имеют особенность в случае, если генерируемое источником магнитное поле линейно поляризовано, поэтому в диссертации найден альтернативный метод решения обратной задачи, исключающий такое ограничение. В этой главе также исследуются частные случаи решения обратной задачи и проведена проверка полученных результатов методом численного моделирования на конкретном примере.

Данный подход к решению обратной задачи интересен как математически строго сформулированная проблема, но он не очень удобен с практической точки зрения. А именно, измерить электрическую и магнитную напряженность довольно сложно, поскольку эти величины часто представляют собой быстро осциллирующие функции времени. В то время, измерение напряженности электрического или магнитного поля на некоторой спектральной частоте является достаточно простой процедурой. С этой точки зрения представляет интерес решение обратной задачи, где в качестве исходных данных предлагаются Фурье-компоненты магнитного поля в некоторой точке пространства. Решение обратной задачи при такой формулировке представлено в **третьей главе** диссертационной работы.

Данный подход позволяет определить линию, соединяющую дипольный момент с наблюдателем, и с точностью до масштабного множителя, проекцию эллипса поляризации дипольного момента на плоскость, ортогональную этой линии. Остальные неизвестные найдены из условия, что известен градиент Фурье-компоненты магнитного поля в некоторой точке пространства. Также в диссертации найден альтернативный метод решения обратной задачи для Фурье-компонент магнитного поля.

Обратные задачи характерны тем, что их решение может быть неустойчиво. Поэтому проверка полученных решений на единственность и устойчивость является необходимым элементом решения такого рода задач. В третьей главе показано, что полученное решение является устойчивым и проанализирована зависимость погрешности в решении в зависимости от

погрешности в исходных данных. Приведена демонстрация устойчивости найденных уравнений с помощью решения модельной численной задачи.

Замечания по диссертационной работе:

1. При описании применения полученных результатов к полям, которые генерируются при образовании трещин в твердом теле (например, на странице 43), допущена неточность, - а именно, не указано какая именно концепция изменения электромагнитного поля в точке наблюдения использована в работе. Дело в том, что существует несколько точек зрения на физическую природу этого явления. Оно может быть связано с процессом разрушения в твердой фазе горных пород, с электрокинетическими эффектами в жидкой фазе горных пород или являться проявлением сегнето - или пьезоэлектрических свойств пород. В рамках этих представлений о механизмах механоэлектрических преобразований используются два подхода при объяснении аномалий накануне сейсмического события: а) согласно предложенной А.А. Воробьевым концепции активных излучателей электромагнитный сигнал литосферного происхождения возникает в результате механических процессов в земной коре в области очага (очаговая модель) или на поверхности (поверхностная модель) и попадает непосредственно в точку наблюдения; б) аномалии в пункте приема сигнала возникают вследствие изменения условий распространения электромагнитных волн атмосферного происхождения.
2. Во второй главе подробно рассмотрен особый случай, когда вектор напряженности магнитного поля и его производная параллельны. В третьей главе, при использовании спектрального подхода, такой анализ не проделан. Более того, в разделе 3.3 явно предполагается, что поляризация напряженности магнитного поля не является линейной. Следовало бы выяснить, имеют ли полученные решения особенность, если вектор магнитного поля поляризован линейно.

В целом, по диссертации, автореферату и работам, опубликованным Ю.Г. Янц по защищаемой теме, можно сделать следующие выводы:

- тема диссертации является актуальной;
- выводы, сформулированные в диссертации, достоверны, а полученные результаты обоснованы;
- представленные выше замечания не отменяют ценность проведенного исследования;
- содержание опубликованных работ соискателя соответствует основным положениям диссертации.

Достоверность, полученных в диссертационной работе результатов, обусловлена тем, что все уравнения получены с помощью стандартных методов теоретической физики и математического анализа.

Считаю, что работа Юлии Геннадьевны Янц является завершенным исследованием и удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика, а сама она заслуживает присуждения искомой степени.

Кандидат физико-математических наук
доцент кафедры «Высшая математика»
Национального исследовательского
Томского политехнического университета
634026, г. Томск, ул. Д.-Ключевская д.6, кв. 24
E-mail: lav_9@list.ru

Ученый секретарь НИ ТПУ



подпись

М.П.

В.В. Ласуков

29.05.2014

О.А. Ананьева