

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по научной работе

НИИ «Курчатовский институт»

кандидат физико-математических наук

Э.Ф. Лобанович



«09» февраля 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Лукашенко Анастасии Тарасовны «Модели магнитного поля в околосолнечном пространстве», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы

Актуальность темы диссертации А.Т. Лукашенко обусловлена тем, что процессы в астрономических плазменных системах, к которым относится и околосолнечное пространство, существенно зависят от геометрии магнитного поля и плазменных потоков.

В качестве первого приближения при моделировании геометрии магнитных полей в короне Солнца часто используется традиционное вакуумное приближение. Оно применяется как в моделях коронального поля в целом, так и при моделировании топологических конфигураций отдельных участков короны. К моделям первой категории относятся модели потенциального поля – поверхности источника. Из исходных моделей с поверхностью источника следовало, что в минимуме солнечной активности на удалении от Солнца зависимость изменения радиальной компоненты вектора магнитного поля от гелиошироты носит дипольный характер. Однако, как показали измерения КА «Улисс», радиальная компонента поля, приведённая к одинаковому расстоянию от Солнца, приблизительно равна константе и от гелиошироты не зависит. В связи с этим автор рассмотрел и решил актуальную задачу усовершенствования модели потенциального поля – поверхности источника, в которой учитывалась бы независимость плотности радиального магнитного потока от гелиошироты в околосолнечном пространстве.

К моделям второй категории можно отнести получившие широкое распространение модели «magnetic charge topology» (МСТ). В них магнитные поля солнечной короны моделируются небольшим числом точечных источников, расположенных на фотосфере или под ней. В результате наложения полей от различных источников могут возникать точки с нулем модуля магнитного поля. Автор уделяет много внимания нахождению математических методов описания нулевых точек в 3D-пространстве в первом и последующих порядках разложения вектора магнитного поля в ряд по удалению от этих точек. Получены многообразные красивые топологические изображения поведения силовых линий в окрестности нуля поля. Автор усматривает связь рассмотренных бифуркаций нулевых точек с процессами пересоединения силовых линий, что, на наш взгляд, в вакуумном приближении является преувеличением. Без учёта плазмы и плазменных потоков (токов) это сделать нельзя.

Наряду с используемыми в литературе моделями магнитных зарядов, расположенными как на поверхности фотосферы, так и погруженными под неё, а также погружёнными магнитными диполями, автор предлагает моделировать фотосферные потоковые трубки витками с током. Для этого необходимо исследовать возможные варианты поведения линий поля вблизи токовых витков при их различном взаимном расположении в пространстве. К сожалению, автор ограничивается рассмотрением круглых витков с током, для магнитного поля которых в вакууме есть аналитические выражения.

Целью работы является исследование топологических и геометрических характеристик магнитного поля на Солнце, во внутренней гелиосфере и в лабораторных условиях. При этом применяются, как аналитические расчёты, так и методы математического моделирования.

Научная новизна диссертационной работы Лукашенко А.Т. заключается в том, что впервые в рамках потенциального приближения предложена модель магнитного поля в солнечной короне. В ней магнитное поле на фотосферной поверхности задаётся из результатов наблюдений. На удалении модуль радиальной его составляющей полагается равным константе, а её знак — скачком, изменяющимся при переходе от одной полусферы к другой. Модель

согласуется с экспериментальными данными КА «Улисс». Впервые дан алгоритм описания геометрии и топологии силовых линий магнитного поля вблизи нулевых точек вакуумного магнитного поля высших порядков. Показано, как такое описание может быть упрощено посредством подходящего выбора системы базисных функций, по которым производится разложение потенциала в ряд Тейлора. Найдена общая методика получения качественных сведений о поведении линий поля вблизи нулевых точек высших порядков. Впервые дана формулировка соответствующей задачи на собственные функции для случая нулевых точек порядка выше 1-го. Для нулевых точек 2-го порядка впервые найден ряд решений, как частных, так и общего характера.

Впервые были получены численные характеристики областей упорядоченного и хаотического поведения линий магнитного поля в окрестности простейшей системы из двух сцепленных колец с токами.

Практическая значимость работы определяется разработкой новых теоретических подходов к описанию особых точек бездивергентных векторных полей, моделирования магнитных полей в вакуумном приближении в солнечной короне и во внутренней гелиосфере. Прямым выходом в практику является моделирование магнитного поля спектрометра AMS-02.

Достоверность и обоснованность изложенных в работе результатов обеспечиваются согласованностью с выводами литературных источников по теме диссертации в тех случаях, когда такие результаты имеются. Выполненные численные расчёты были перепроверены путём использования различных методов счёта. Основные положения диссертации публиковались в ведущих журналах по астрономии, механике и геомагнетизму.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и трёх приложений. Полный объём диссертации составляет 167 страниц с 52 рисунками и 19 таблицами. Список литературы содержит 140 наименований.

В констатирующей части мы уже отмечали некоторые общие замечания. Ниже мы приводим конкретные замечания:

1. Во вводных разделах диссертации слишком много внимания уделяется истории по геометрии магнитных полей и подробному рассмотрению достаточно архаичных теорий. Так, например, отсутствие магнитных поверхностей в 3D-магнитных конфигурациях есть ситуация общего положения, а автор цитирует пример поиска разрушения магнитной поверхности на заре термоядерных исследований.

2. В главе 3 бегло говорится об устойчивости нулевых точек в двумерной геометрии (без анализа устойчивости). Об устойчивости таких точек в трёхмерной геометрии почти ничего не сказано.

3. При численных расчётах трассирования силовых линий в главе 4 предпочтительно было бы использование не стандартного метода Рунге-Кутты 4-го порядка, а современных симплектических методов, сохраняющих фазовый объём.

4. В главе 4 рассматривается магнитное поле двух сцепленных колец. Однако не ясно, как эта весьма интересная, с академической точки зрения, задача может быть применена к топологии магнитного поля на Солнце. Не приводятся наблюдательские примеры проявления эргодизации силовых линий магнитного поля в околосолнечном пространстве.

Кроме того, на некоторых рисунках не указаны единицы измерений (например, рис. 3.3 и 3.4).

Однако указанные замечания не влияют на высокую оценку работы в целом. Полученные в работе результаты обладают существенной новизной, а диссертация представляет собой законченное исследование, выполненное на профессиональном уровне. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Основные результаты диссертации были представлены на 14-ти международных и российских конференциях и опубликованы в 4-х статьях в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК.

Результаты, полученные в работе, могут быть использованы в таких организациях, как Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, ИЗМИРАН

имени Н.В. Пушкина, Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Институт космических исследований РАН.

Диссертационная работа Лукашенко Анастасии Тарасовны на тему «Модели магнитного поля в околосолнечном пространстве» выполнена на высоком научном уровне, соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.08 «физика плазмы».

Отзыв составил

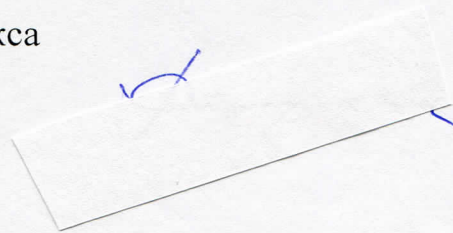
Доктор физ.-мат. наук,
начальник лаборатории



Д.Х. Морозов

Диссертация рассмотрена, а отзыв обсуждён и одобрен в Блоке термоядерных исследований Курчатковского ядерно-технологического комплекса НИЦ «Курчатовский институт» «02» февраля 2017 года.

Руководитель Блока термоядерных
Исследований Курчатковского
ядерно-технологического комплекса
доктор физ.-мат. наук



А.Н. Романников

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
(НИЦ «Курчатовский институт»)
Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1, <http://www.nrcki.ru>