

Отзыв

официального оппонента профессора Владимира Семёновича Семенова на диссертацию **Кислова Романа Анатольевича «Стационарные токовые слои в гелиосфере»** на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 Физика Солнца

Согласно данным НАСА и американского метеорологического агентства NOAA в декабре 2019 года начался новый 25 солнечный цикл. В связи с этим значительно возрос интерес к проблемам космической погоды, физике Солнца и солнечного ветра. Еще сильнее этот интерес подогревается тем обстоятельством, что сейчас к Солнцу летят сразу две новые миссии Parker Solar Probe и Solar Orbiter с весьма амбициозными целями по изучению процессов в солнечном ветре. Потому выбранная Р.А.Кисловым тема диссертации представляется важной и актуальной.

Диссертация состоит из Введения, четырех Глав, Заключения, четырех Приложений и списка литературы, содержит 150 страниц текста.

Целью работы является модификация метода магнитных потоков для построения осесимметричных решений идеальной МГД с множественными токовыми слоями в гелиосфере Солнца.

Во Введении содержатся необходимые для диссертационной работы сведения – обоснована актуальность темы, обсуждена степень ее разработанности, сформулированы положения, выносимые на защиту. Приведен также список публикаций автора (15 статей) по теме диссертации в рецензируемых научных журналах, причем 4 из них в столь авторитетном журнале как The Astrophysical Journal.

В Главе 1 приведены и проанализированы сведения о формализме решения стационарных осесимметричных задач уравнений одножидкостной идеальной магнитной гидродинамики, которые будут существенно использованы в дальнейшем при построении семейства решений с множественными токовыми слоями в солнечном ветре.

В Главе 2 представлено осесимметричное стационарное решение системы: токовый слой, погруженный в плазменный слой. Интересно, что граница плазменного слоя также представляет собой токовые слои.

В Главе 3 построена самосогласованная модель множественных токовых слоёв солнечного происхождения в гелиосфере.

И, наконец, в Главе 4 получено решение с полярным коническим токовым слоем в гелиосфере.

В Заключении кратко сформулированы полученные результаты.

К числу наиболее значимых новых результатов, представленных в диссертации Р. А. Кислова, можно отнести:

1. Модификация метода магнитных потоков, позволяющая строить стационарные осесимметричные решения уравнений идеальной магнитной гидродинамики с множественными токовыми слоями в солнечном ветре начиная с 20 радиусов Солнца. Важно, что альфвеновское число Маха и плотность плазмы могут зависеть как от радиального расстояния от Солнца, так и от функции магнитного потока.
2. Теоретическое обоснование концепции множественных токовых слоев в гелиосфере. Долгое время неявно предполагалось, что в солнечном ветре главным и единственным является экваториальный гелиосферный токовый слой. Введя в рассмотрение помимо главного дипольного поля Солнца и другие мультипольные гармоники Р.А.Кислов показал, что из образовавшихся неэкваториальных нейтральных линий на Солнце вытягиваются в солнечный ветер дополнительные крупномасштабные токовые слои.
3. Получение осесимметричных стационарных решений для полярных конусообразных токовых слоёв в гелиосфере, которые характеризуются уменьшением скорости плазмы по сравнению с окружающим быстрым солнечным ветром, а также локальным снижением плазменного бета. Модель позволила объяснить результаты наблюдений космического аппарата Ulysses.

Работа не лишена недостатков.

1. В работе неявно предполагается, что все полученные решения имеют непосредственное отношение к солнечному ветру. Однако уже в классической работе Паркера было показано, что решение для солнечного ветра весьма специфическое. Оно стартует с Солнца с нулевой скоростью, проходит через звуковую точку и уходит в солнечный ветер. Звуковая точка - это особенность X типа, через нее проходят сепаратрисы, разделяющие все решения на четыре группы, причем солнечному ветру соответствует только сепаратриса, стартующая с Солнца и проходящая через звуковую точку. Все остальные решения либо не стартуют с Солнца, либо не имеют нужной асимптотики. Поэтому решения Р.А.Кислова могут и не иметь отношения к солнечному ветру. Они построены для расстояний больших 20 радиусов Солнца, и проверить, проходят ли они через звуковую и альфвеновскую особенности, невозможно. В связи с этим следует относиться к этим решениям с известной осторожностью.
2. Второе замечание относится к токовому слою с ненулевой нормальной компонентой магнитного поля (Глава 2). Дело в том, что в симметричной относительно $z=0$ конфигурации (рис.6) функция $B_z(z)$ четная по z , а функция $V_z(z)$ нечетная и поэтому $V_z(0)=0$. Для осесимметричных решений $\rho \mathbf{V} = \alpha \mathbf{B}$ (уравнение 18), поэтому $B_z(0)=0$. Конечно, можно сказать, что в самом центре слоя идеальная МГД не применима, там важна кинетика и все же $B_z(0)$ не ноль. Но тогда появляется поток массы внутрь слоя αB_z через границу (сиреневую на рис.6) сверху и снизу. В отсутствии стоков этот слой сразу разорвет, то есть произойдет распад произвольного разрыва. Я полагаю, что в

осесимметричных стационарных решениях уравнений идеальной МГД токовые слои могут быть только тангенциальными разрывами.

3. Наконец, последнее замечание относится к представлению полученных решений. Соответствующие формулы раскиданы по всей диссертации, а хотелось бы видеть окончательные решения в конце каждой Главы. К тому же отсутствуют рисунки с конфигурацией магнитного поля, что затрудняет понимание того, чему эти решения соответствуют.

Эти замечания не умаляют общей высокой оценки работы Р. А. Кислова, которая содержит большое количество новых, интересных результатов уже заслуживших международное признание.

Новизна и научная значимость диссертационной работы Р. А. Кислова не вызывают сомнений. Основные результаты многократно доложены на российских и международных конференциях и достаточно полно отражены в 15 публикациях в научных журналах из списка ВАК. Результаты работы Романа Анатольевича могут быть использованы в научных учреждениях, занимающихся исследованием процессов на Солнце и в солнечном ветре: ИКИ, НИЯФ МГУ, СПбГУ, ПГИ, ИЗМИРАН, СиБИЗМИР и др. Основные результаты диссертации были доложены Р. А. Кисловым на семинаре кафедры физики Земли физического факультета СПбГУ 24.09.2020. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, диссертационная работа Р. А. Кислова «**Стационарные токовые слои в гелиосфере**» удовлетворяет всем требованиям ВАК для кандидатских диссертаций, а ее автор Р. А. Кислов заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 «Физика Солнца».

профессор

В. С. Семенов

физического факультета СПбГУ

Петергоф, ул. Ульяновская 1, 198504

тел. 8 812 428 4627

e-mail: v.s.semenov@spbu.ru

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ №3

Н. И. МАШТЕПА



Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей