

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 002.113.03 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 02 июня 2016 г., протокол № 2 о присуждении Рудерману Михаилу Соломоновичу учёной степени доктора физико-математических наук. Диссертация «Изгибные волны и колебания в магнитных трубках в солнечной атмосфере» по специальностям 01.03.03 - Физика Солнца и 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите «12» января 2016 протокол № 1 диссертационным советом Д 002.113.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), 117997, ГСП-7, Москва, Профсоюзная ул. д. 84/32, приказ Министерства образования и науки № 156/нк от 01.04.2013 о создании совета.

Соискатель Рудерман Михаил Соломонович, 1949г. рождения работает ведущим научным сотрудником в отделе «Физики планет» ИКИ РАН с 2013г. по настоящее время. В 1971 году соискатель окончил механико-математический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «Механика». В 1978 году соискатель защитил кандидатскую диссертацию по специальности «механика жидкости, газа и плазмы». В период подготовки диссертации соискатель работал в Институте космических исследований РАН в должности ведущего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в лаборатории «Межпланетной среды» отдела «Физики планет» ИКИ РАН.

Официальные оппоненты:

Степанов Александр Владимирович, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., научный руководитель Главной (Пулковской) астрономической обсерватории Российской академии наук (г. Санкт-Петербург);

Похотелов Олег Александрович, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией «Геоэлектродинамики» Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (г. Москва);

Соколов Дмитрий Дмитриевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры математики физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной физики РАН (ИПФ РАН) (г. Нижний Новгород) в своём положительном заключении (заключение составлено Зайцевым В.В., доктором физико-математических наук, заведующим сектором «Физики плазменных процессов в атмосферах Солнца и планет»), подписанном директором ИПФ РАН чл.-корр. РАН Сергеевым А.М., указала, что диссертационная работа «Изгибные волны и колебания в магнитных трубках в солнечной атмосфере» представляет собой законченное исследование и удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по специальностям 01.03.03 - Физика Солнца и 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы, а ее автор, Рудерман Михаил Соломонович, вне всякого сомнения, заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук. Результаты диссертационной работы представляют интерес для специалистов в области физики Солнца и могут быть использованы в МГУ, ИЗМИРАН, ИПФ РАН, ИПМех РАН, ИКИ РАН. Результаты исследования опубликованы в журналах, перечень которых утвержден ВАК. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Работа Рудермана М.С. обсуждалась на семинаре отдела Астрофизики и физики космической плазмы ИПФ РАН.

Соискатель имеет 146 опубликованных работ, из них по теме диссертации опубликовано 40 научных работ общим объёмом 25 печатных листов. Результаты, которые вошли в данную диссертацию, опубликованы в 30 статьях в ведущих рецензируемых журналах. Все основные результаты диссертации

опубликованы в журналах из перечня ВАК. Научные результаты, представленные в диссертации, были получены автором лично, или при его непосредственном участии. Вклад автора во все рассмотренные в диссертации задачи является основным.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ruderman M. S., Roberts B., The damping of coronal loop oscillations // *Astrophys. J.* - 2002 - V. 577, P. 475–486.
2. Ruderman M. S., The resonant damping of oscillations of coronal loops with elliptic cross-sections // *Astron. Astrophys.* - 2003 - V. 409, P. 287-297.
3. Ruderman M. S., Verth G., Erdelyi R., Transverse oscillations of longitudinally stratified coronal loops with variable cross-section // *Astrophys. J.* - 2008 - V. 686, P. 694-700.
4. Ruderman M. S., Erdelyi, Transverse oscillations of coronal loops // *Space Sci. Rev.* - 2009 - V. 149, P. 199-228.
5. Ruderman M. S., Goossens M., Andries J., Nonlinear propagating kink waves in thin magnetic tubes // *Phys. Plasmas* - 2010 - V. 17, 082108.
6. Ruderman M. S., Resonant damping of kink oscillations of cooling coronal magnetic loops // *Astron. Astrophys.* - 2011 - V. 534, A78.
7. Ruderman M. S., Terradas J., Damping of coronal loop kink oscillations due to mode conversion // *Astron. Astrophys.* - 2013 - V. 555, A9.

В дискуссии приняли участие д.ф.-м.н. Баранов В.Б., д.ф.-м.н. Ерохин Н.С., д.ф.-м.н. Бисноватый-Коган Г.С., д.ф.-м.н. Измоденов В.В., д.ф.-м.н. Онищенко О.Г.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации определился их авторитетом и компетентностью в физике Солнца, в механике жидкости, газа и плазмы, которые подтверждаются публикациями в международных и российских журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Выведено уравнение, описывающее изгибные волны в тонкой магнитной трубке

с плотностью и радиусом поперечного сечения, изменяющимися вдоль трубки. Это уравнение использовано для исследования влияния расширения магнитной трубки на собственные частоты стоячих волн в корональных петлях. Результаты этого исследования применяются в корональной сейсмологии. Показано, что учёт расширения корональной петли приводит к уменьшению оценки шкалы высот полученной на основе одновременного наблюдения фундаментальной моды и первого обертона изгибных колебаний.

Выведено уравнение, описывающее распространение нелинейных изгибных волн с учётом резонансного затухания. Показано, что нелинейность может существенно увеличивать эффективность резонансного затухания.

Исследованы стоячие изгибные волны в магнитных трубках с эллиптическим сечением. Показано, что в этом случае имеются две фундаментальные моды с разными собственными частотами. Обе моды линейно поляризованы, одна вдоль большой оси эллиптического сечения, а другая - вдоль малой. Аналогичные результаты получены для каждого обертона.

Исследованы изгибные колебания неплоских магнитных трубок. Показано, что направление поляризации линейно поляризованной волны изменяется вдоль трубки таким образом, что угол между направлением поляризации и направлением главной нормали к оси петли остаётся постоянным. Получен критерий, позволяющий определить, является ли наличие узла в наблюдаемых поперечных колебаниях эффектом проекции, или оно свидетельствует о том, что наблюдалась не фундаментальная мода, а первый обертон.

Исследованы коллективные колебания двух параллельных магнитных трубок. Показано, что оценка шкалы высот, полученная с помощью одновременного наблюдения фундаментальной моды и первого обертона колебаний системы двух параллельных трубок, совпадает с оценкой, полученной на основе наблюдений колебаний уединённой трубки.

Решена начальная задача для изгибных колебаний магнитной трубки, возбуждаемых произвольным возмущением. Показано, что после переходного периода с длительностью порядка одного периода фундаментальной моды, движение трубки описывается фундаментальной модой колебаний. В приближении

тонкого переходного слоя исследовано резонансное затухание этой моды. Предложен метод оценки поперечной структуры корональной петли на основе наблюдений затухания её поперечных колебаний.

Исследовано влияние изменения плотности вдоль магнитной трубки на эффективность резонансного затухания её изгибных колебаний. Показано, что в предположении однородной стратификации, означаящем, что отношение плотности вне и внутри трубки постоянно, а отношение плотности в переходном слое к плотности внутри трубки зависит только от радиальной координаты, отношение времени затухания к периоду фундаментальной моды не зависит от стратификации.

Исследованы изгибные колебания охлаждающихся корональных петель. Показано, что охлаждение приводит к увеличению амплитуды колебаний. Этот эффект может компенсировать резонансное затухание, что приводит к возможности существования незатухающих колебаний.

Представленные в диссертации результаты базируются на использовании общепризнанных моделей физических явлений, методов и подходов магнитной гидродинамики. Правильность выбранных теоретических подходов также подтверждается и тем, что ряд полученных в работе результатов хорошо согласуется с наблюдательными данными, полученными на различных космических аппаратах. Полученные результаты неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях, были опубликованы в ведущих мировых журналах. Их достоверность подтверждена независимым предварительным рецензированием.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842, и принял решение присудить Рудерману Михаилу Соломоновичу учёную степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве

22 человек, участвовавших в заседании, из них 9 докторов наук по специальности 01.03.03 из 21 человек, входящих в состав совета Д 002.113.03, и 5 дополнительно введённых в состав совета для разовой защиты докторов наук по специальности 01.02.05, проголосовали: за присуждение учёной степени 22, против присуждения учёной степени нет, недействительных бюллетеней нет.

Председательствующий на заседании  
заместитель председателя  
диссертационного совета  
д.ф.-м.н.



Ерохин Николай Сергеевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
к.ф.-м.н.

Буринская Татьяна Михайловна