

Заключение диссертационного совета МГУ.011.5
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
Решение диссертационного совета от 6 июня 2025 г. № 28

О присуждении Королькову Сергею Дмитриевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние межзвездных атомов и магнитных полей на течение плазмы в астросферах» по специальности 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите диссертационным советом 11 апреля 2025 г., протокол № 28-П.

Соискатель Корольков Сергей Дмитриевич, 1998 года рождения, с 2021 года по настоящее время обучается в очной аспирантуре отделения механики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Соискатель работает в Институте космических исследований РАН, отдел физики планет, лаборатория межпланетной среды, в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена на кафедре аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель – Измоденов Владислав Валерьевич, доктор физико-математических наук, профессор РАН, профессор кафедры аэромеханики и газовой динамики механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Меньшов Игорь Станиславович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук», отдела прикладных задач механики сплошных сред.

Жилкин Андрей Георгиевич, доктор физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт астрономии РАН, отдела физики и эволюции звёзд.

Георгиевский Павел Юрьевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Научно-исследовательского института механики, лаборатории газодинамики взрыва и реагирующих систем.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался компетентностью данных ученых в области механики жидкости, газа и плазмы, имеющимися у них научными публикациями по теме диссертации и способностью определить научную и практическую значимость исследования.

Соискатель имеет всего работ - 11, в том числе по теме диссертации 5 работ, все опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук.

1. Korolkov S., Izmodenov V. Effects of charge exchange on plasma flow in the heliosheath and astrosheathes // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. — 2024. — T. 528, № 2. — C. 2812—2821. — (JIF: 5.287, 1.2 п.л. / авторский вклад 0.8 п.л.) — DOI: 10.1093/mnras/stae187.
2. Korolkov S., Izmodenov V. The global structure of astrospheres: Effect of Knudsen number // Publications of the Astronomical Society of Australia. — 2024. — T. 41. — e074. — (JIF: 5.571, 1.5 п.л. / авторский вклад 1 п.л.) — DOI: 10.1017/pasa.2024.44.
3. Korolkov S., Izmodenov V. New unexpected flow patterns in the problem of the stellar wind interaction with the interstellar medium: stationary ideal-MHD solutions // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. — 2021. — T. 504, № 3. — C. 4589—4598. — (JIF: 5.287, 1.2 п.л. / авторский вклад 0.8 п.л.) — DOI: 10.1093/mnras/stab1071.
4. Herbst K., Baalmann L. R., Bykov A., Engelbrecht N. E., Ferreira S. E. S., Izmodenov V. V., Korolkov S. D., Levenfish K. P., Linsky J. L., Meyer D. M. A., Scherer K., Strauss R. D. T. Astrospheres of Planet-Hosting Cool Stars and Beyond · When Modeling Meets Observations // Space Science Reviews. — 2022. — T. 218, № 4. — C. 29. — (JIF: 8.017, 5.3 п.л. / авторский вклад 0.4 п.л.) — DOI: 10.1007/s11214-022-00894-3.
5. Корольков С., Измоденов В. Взаимодействие сверхзвукового звездного ветра с набегающим потоком межзвездной среды: влияние азимутального магнитного поля звезды // Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. — 2023. — № 1. — С. 31—40. — (РИНЦ: 1.752, 1.2 п.л. / авторский вклад 0.8 п.л.) — DOI: 10.31857/S056852812260076X.

Перевод:

Korolkov S.D., Izmodenov V.V. Interaction of the Supersonic Stellar Wind with Free Stream of the Interstellar Medium: the Effect of the Azimuthal Magnetic Field of the Star // Fluid Dynamics. – 2023. – № 1. – С. 9–18 – (JIF: 0.824, 1.2 п.л. / авторский вклад 0.8 п.л.) – DOI: 10.1134/s0015462822601826.

На диссертацию и автореферат дополнительных отзывов не поступило.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены новые научные результаты: впервые в широком диапазоне чисел Кнудсена ($0.0001 \leq Kn \leq 100$) в рамках кинетико-газодинамического подхода решена задача о взаимодействии звёздного ветра с частично-ионизованной межзвёздной средой. Обнаружен эффект нагрева внешнего ударного слоя астросферы энергичными атомами, рождёнными во внутреннем ударном слое и области сверхзвукового звёздного ветра. Этот нагрев приводит к качественному изменению течения плазмы во внешнем ударном слое: вблизи тангенциального разрыва образуется область горячей разреженной плазмы, вблизи внешней ударной волны формируется слой плотной плазмы.

Изучено влияние звёздных магнитных полей на область взаимодействия звёздного ветра с набегающим потоком межзвёздной среды в рамках двухпараметрического исследования. Обнаружена смена режима течения при достижении критических параметров потока. Определены критические параметры: значения газодинамического числа Маха набегающего потока в зависимости от значений альфеновского числа Маха звёздного ветра. Показано возникновение зоны возвратного течения в хвостовой области трубчатой астросферы и образование вторичной точки торможения. До настоящего момента такие решения в литературе представлены не были.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Определена зависимость положений основных поверхностей разрыва в области взаимодействия звёздного ветра с частично ионизированным потоком межзвёздной среды от числа Кнудсена в широком диапазоне изменения параметра ($0.0001 \leq Kn \leq 100$). Положения поверхностей разрыва достигают плазмо-газодинамического

предела при значениях числа Кнудсена $\gtrsim 100$. С другой стороны, из-за влияния вторичной популяции атомов водорода значение $Kn = 0.0001$ не достаточно мало для достижения решением предела эффективного газа во внешнем ударном слое. Во внутреннем ударном слое решение достигает предела эффективного газа для значений числа Кнудсена $\lesssim 0.01$.

2. Для звёзд с протяжёнными астросферами, расстояние от звезды до внешней ударной волны у которых превышает 600 астрономических единиц, решение во внешнем ударном слое качественно отличается от газодинамического: вблизи тангенциального разрыва формируется область горячей разреженной плазмы, а максимум плотности плазмы достигается вблизи внешней ударной волны. Перестройка течения происходит из-за локального нагрева плазмы внешнего ударного слоя энергичными нейтральными атомами, которые в результате перезарядки рождаются в горячем внутреннем ударном слое, вылетают во внешний ударный слой и снова испытывают перезарядку. В результате происходит обмен энергией между астросферными ударными слоями.

3. Влияние магнитного поля звезды приводит к появлению двух качественно отличающихся друг от друга режимов течения в астросферах: 1) режим с трубчатой формой тангенциального разрыва, и 2) режим с классической параболоидальной формой тангенциального разрыва. Определены критические значения газодинамического числа Маха межзвёздной среды в зависимости от альфеновского числа Маха в звёздном ветре, при которых меняется структура течения и форма тангенциального разрыва от трубчатой к классической параболоидальной. Для гелиосферы форма тангенциального разрыва является классической, так как газодинамическое число Маха локальной межзвёздной среды (≈ 2) значительно больше найденного критического значения газодинамического числа Маха набегающего потока для параметров солнечной системы (≈ 0.35).

4. В результате обтекания астросферы с трубчатой формой тангенциального разрыва дозвуковым набегающим потоком, в хвостовой области формируется зона возвратного течения и дополнительная точка торможения межзвёздного потока. Этот эффект связан с формированием зоны пониженного давления с подветренной стороны трубы, в которую вовлекается дозвуковое течение межзвёздной среды.

На заседании 6 июня 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Королькову Сергею Дмитриевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 14 докторов наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета (дополнительно введены на разовую защиту 0 человек), проголосовали: за 15, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета МГУ.011.5

доктор физико-математических наук, профессор

Осипцов А.Н.

Ученый секретарь

диссертационного совета МГУ.011.5

кандидат физико-математических наук

Попеленская Н.В.

6 июня 2025 г.

Печать структурного подразделения МГУ