

Заключение диссертационного совета МГУ.011.5

по диссертации на соискание ученой степени кандидата (доктора) 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 межзвёздных 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, в 2021 году окончил механико-математический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. 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 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».

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

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.

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 11 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 5 работ, в которых отражены основные результаты, положения и выводы диссертации, из них 5 статей, опубликованных 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 (Q1). — 2024. — Т. 528, № 2. — С. 2812—2821. — (WoS IF: 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 (Q1). — 2024. — Т. 41. — e074. — (WoS IF: 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 (Q1). — 2021. — Т. 504, № 3. — С. 4589—4598. — (WoS IF: 5.287, 1.2 п.л. / авторский вклад 0.8 п.л.) — DOI: 10.1093/mnras/stab1071.
4. Astrospheres of Planet-Hosting Cool Stars and Beyond · When Modeling Meets Observations / K. Herbst, L. R. Baalmann, A. Bykov, N. E. Engelbrecht, S. E. S. Ferreira, V. V. Izmodenov, S. D. Korolkov, K. P. Levenfish, J. L. Linsky, D. M. A. Meyer, K. Scherer, R. D. T. Strauss // Space Science Reviews (Q1). — 2022. — Т. 218, № 4. — С. 29. — (WoS IF: 8.017, 5.3 п.л. / авторский вклад 0.4 п.л.) — DOI: 10.1007/s11214-022-00894-3.
5. Корольков С., Измоленов 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. — (Двухлетний импакт-фактор 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 – (Scopus IF: 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 альфвеновского 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 ионизованным потоком межзвёздной среды от числа Кнудсена в широком диапазоне изменения параметра ($0.0001 \leq K_n \leq 100$). Положения поверхностей разрыва достигают плазмо-газодинамического предела при значениях числа Кнудсена $\gtrsim 100$. С другой стороны, из-за влияния вторичной популяции атомов водорода значение $K_n = 0.0001$ 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 альфвеновского 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 трубки, 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.

Подписи удостоверяю:

декан механико-математического факультета

МГУ имени М.В. Ломоносова,

доктор физико-математических наук,

профессор, член-корреспондент РАН

Шафаревич А.И.

6 июня 2025 г.

Печать структурного подразделения МГУ