

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Маланчева Константина Леонидовича
“Нестационарные процессы в астрофизических аккреционных дисках”,
представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук МГУ
по специальности 01.03.02 — астрофизика и звёздная астрономия.

Диссертация К.Л. Маланчева посвящена развитию теории нестационарных процессов в геометрически тонких аккреционных дисках и проверке этой теории по наблюдениям различных объектов. Работа нацелена на углубление понимания дисковой аккреции в рентгеновских и карликовых новых, в особенности в процессах переноса момента импульса в тех ситуациях, когда можно не учитывать влияние магнитных полей. Поскольку дисковая аккреция играет решающую роль во многих высокоэнергичных объектах во Вселенной, а её детали ещё далеко не все поняты, актуальность работы очевидна.

Диссертационная работа изложена на 138 страницах и состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка использованной литературы. Список литературы включает 171 ссылку, охватывает широкий круг публикаций по затронутым в диссертации проблемам и достаточно полно характеризует высокий уровень компетенции диссертанта в освещаемых вопросах.

Во Введении к диссертации дан краткий, но очень содержательный исторический обзор, сформулированы задачи и цели работы, её новизна, научная значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту.

Глава 1 описывает моделирование кривых блеска рентгеновских новых. Даны описание модели нестационарной дисковой аккреции, выводятся основные уравнения этой модели. Подчёркнута важность рентгеновского излучения, приходящего от внутренних частей аккреционного диска и падающего на внешние его части. Кроме того, представлена модель вертикальной конвекции с длиной перемешивания, в которую включены эффекты, отвечающие за генерацию энергии вязкими силами. В этом состоит важный личный вклад автора: им разработана и подробно описана в этой главе модель конвекции с длиной перемешивания и учётом вязкого энерговыделения в развитие модели, используемой для описания конвекции в звёздах. Разработанная модель применяется для получения оптической и рентгеновской кривых блеска рентгеновской новой А 0620—00 1975 года. Получено неплохое согласие с наблюдениями и обсуждаются дополнительные факторы, нужные для объяснения всех деталей на этих кривых.

Во второй главе анализируется роль эффектов рентгеновского самооблучения аккреционного диска, от которых сильно зависит характер эволюции диска. Рассмотрена необычная рентгеновская новая 4U 1543—47 2002 года. В этой двойной системе довольно большой приливной радиус, требуется объяснить быструю наблюдаемую эволюцию аккреционного диска. Для ряда значений масс и параметров Керра чёрной дыры по данным рентгеновских наблюдений восстановлена зависимость темпа аккреции от времени в ходе вспышки. При разных параметрах самооблучения с помощью программы FREDDI, созданной автором, произведено моделирование и подгонка параметров вспышки, в первую очередь параметра турбулентной вязкости α . Пока-

зано, что при общепринятом значении параметра самооблучения для этой системы получается $\alpha > 1$, что недопустимо. Предложены различные варианты разрешения этого противоречия. Основной личный вклад автора – это развитие кода FREDDI, описанного в этой главе. Код общедоступен и показывает высокую эффективность в рассматриваемом круге задач.

В следующей главе исследована проблема конвективной устойчивости тонкого ламинарного аккреционного диска для случая, когда коэффициент вязкости является не турбулентным, а микроскопическим. Важный личный вклад автора диссертации здесь – получение аналитического решения уравнения энергии для случая степенной зависимости коэффициентов динамической вязкости и теплопроводности от температуры. Это решение исследовано на предмет конвективной устойчивости. Показано, что имеющиеся в литературе критерии конвективной неустойчивости таких течений являются необходимыми, но недостаточными.

В четвёртой главе описаны результаты трёхмерного моделирования потоков газа в затменной карликовой новой V 1239 Нег. Полученные кривые блеска демонстрируют замечательное согласие с наблюдениями. Выдвинута гипотеза об изменении темпа истечения вещества со звезды-компаньона для объяснения всех трёх групп орбитальных кривых блеска. Пакет программ, на основе которых проведены расчёты, разработан в ИПМ им. М.В.Келдыша, но большой вклад автора диссертации здесь неоспорим: им предложен метод учёта частичной ионизации водорода, разработан подход к расчёту кривой блеска на основе полученной в ходе газодинамического моделирования структуры газа. Для сопоставления модельной кривой блеска с данными наблюдений им проведена свёртка данных наблюдений с фазой орбитального периода.

В целом диссертация аккуратно оформлена и производит очень благоприятное впечатление. Тем не менее, некоторые замечания можно высказать.

В обзоре литературы хорошо было бы отразить (или критиковать) работы, где делаются попытки учесть стабилизирующую роль растущего наружу удельного момента импульса в развитии конвекции. В диссертации в связи с этим упоминается критерий Рэлея и дана ссылка на важную работу Раздобурдина Д.Н. и Журавлёва В.В. в УФН, но это работа о развитии турбулентности. Из литературы на эту тему именно в связи с конвекцией можно указать, например, статью, P.Pietrini, J.H.Krolik, Convective Dynamical Instability in Radiation-supported Accretion Disks, *ApJ* 539(2000)216. К той же теме примыкает и такая статья: D.Heinzeller et al., Turbulent viscosity by convection in accretion discs – a self-consistent approach *MNRAS* 397(2009)890.

При обсуждении моделей конвекции следовало бы дать ссылки на современные статьи, которые развивают теорию конвекции на основе многомерных гидродинамических расчётов с переносом излучения без упрощений, вводимых приближением пути перемешивания (например, для Солнца).

Лучше писать критерий конвекции Шварцшильда не через адиабатический градиент, а через градиент удельной энтропии. Это более компактно, наглядно, и отвечает духу научной школы Я.Б. Зельдовича, тем более, что удельная энтропия используется в диссертации (в гл. 3).

В гл.2 на стр.78 написано “В отличии от модели тепловой неустойчивости диска, применяемой в карликовых и рентгеновских новых, состоит в наличии рентгеновского самооблучения у последних [149].” Эту фразу трудно понять, какие-то слова из неё выпали. Кроме того, тут явно следует писать “В отличие”.

А.Веисс на самом деле – известный астрофизик Ахим Вайс.

Термин “радиационная теплопроводность” лучше заменить на “лучистая теплопроводность”

Вместо “коэффициент политропы” следует всегда говорить “индекс политропы” (что тоже используется в тексте диссертации).

На странице 109 в подписи к рисунку 4.3 написано, что изображена плотность, а на самом рисунке написано p , что в тексте обозначает давление.

Мелкие опечатки: на стр. 12 написано “О динамики...”, после формулы (3.69) написано “появления конвекции” – а должно быть: “появление конвекции”.

Все высказанные замечания носят чисто редакционный характер и нисколько не снижают очень высокий уровень диссертации.

Достоверность результатов, подтверждённых в различных аналитических, численных подходах и на реальных объектах не вызывает сомнений.

В диссертацию включены пять публикаций соискателя в реферируемых журналах. Автореферат и опубликованные работы полно и правильно отражают содержание диссертации.

Диссертация К.Л. Маланчева актуальна по тематике, содержит интересные в научном отношении результаты и свидетельствует о высокой квалификации её автора. Основные результаты диссертации своевременно опубликованы и многократно докладывались на конференциях. Диссертация по актуальности избранной темы, научной новизне, практической значимости, достоверности и обоснованности решений и выводов удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук МГУ, и её автор, Маланчев Константин Леонидович, несомненно заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук МГУ по специальности 01.03.02 – “Астрофизика и звёздная астрономия”.

8 июня 2017 г.

Официальный оппонент
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник
НИЦ “Курчатовский институт” – ИТЭФ
лаборатория физики плазмы и астрофизики
117218, Россия, г. Москва, ул. Большая Черемушкинская, 25
тел. 8-499-978-7803
e-mail: sergei.blinnikov@itep.ru

С.И. Блинников

Подпись доктора физ.-мат. наук, гл. научн. сотр. С.И. Блинникова заверяю:
Учёный секретарь
НИЦ “Курчатовский институт” – ИТЭФ
кандидат физико-математических наук



В.В. Васильев