

Отзыв официального оппонента
на диссертацию Маланчева Константина Леонидовича
“НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АСТРОФИЗИЧЕСКИХ
АККРЕЦИОННЫХ ДИСКАХ”,
представленную на соискание ученой степени
физико-математических наук
по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия

Диссертация К. Л. Маланчева посвящена исследованию динамики вязких нестационарных аккреционных дисков в рентгеновских Новых звездах, а также рассмотрению ряда других задач, связанных с дисковой аккрецией. Основной целью исследований является определение значения параметра вязкости из сравнения теоретических моделей нестационарных дисков с наблюдаемыми кривыми блеска двух рентгеновских Новых в рентгеновском и оптическом диапазонах спектра. Это связано с тем, что природа вязких сил, управляющих динамикой аккреции все еще далека от окончательного решения, и любая информация является важной. Кроме того, К.Л. Маланчевым выполнено сугубо теоретическое рассмотрение условия наступления конвекции в дисках как предтечи гидродинамической турбулентной вязкости. Эта часть диссертации направлена на изучение физической природы вязкости в астрофизических дисках и представляет большой интерес. Отсюда ясно, что представленная на защиту диссертация посвящена актуальным проблемам и важна для дальнейшего развития астрофизики.

Диссертация состоит из Введения, четырех Глав, Заключения, всего 138 страниц, включая 30 рисунков, 2 таблицы и списка цитируемой литературы, содержащего 171 наименование.

Во Введении дан краткий, но емкий обзор работ по дисковой аккреции, определивших основные вехи развития теории. Хочется отметить большое внимание, уделенное диссертантом самым первым работам по этой теме, выполненным еще в эпоху до прорыва, сделанного его учителем, Николаем Ивановичем Шакурой. Здесь же сформулирована актуальность, цель, новизна, и практическая значимость работы. Кроме того, представлены положения диссертации, выносимые на защиту, опубликованные по теме работы статьи, дано краткое описание работы, и указан личный вклад диссертанта.

Первая глава посвящена исследованию хорошо изученной, но не перестающей волновать исследователей, рентгеновской Новой Единорога 1975 года. Маланчев К.Л. разработал и программно реализовал метод расчета эволюции вязкого аккреционного диска с точным учетом его вертикальной структуры и самооблучения. Особый интерес представляет предложенный диссертантом метод расчета конвективного переноса энергии в диске, основанный на теории пути перемешивания, но с учетом дополнительной энергии, выделяемой за счет диссипации турбулентных движений. Рассчитанные кривые блеска хорошо описывают наблюдения вплоть до

сотого дня после начала вспышки. В целом результаты его работы подтвердили выводы, сделанные ранее в работе Сулейманова, Липуновой и Шакуры 2008 года и являются ее расширением на поздние стадии развития вспышки, когда водород во внешних частях диска становится нейтральным.

Комплексные исследования относительно недавней рентгеновской Новой 2002 года 4U 1543-47 представлены во Второй главе диссертации. В отличие от Новой Единорога 1975 г., рентгеновский спектр данной системы во время вспышки является как минимум двухкомпонентным, и для получения наблюдаемого изменения темпа аккреции во время вспышки пришлось выполнить аппроксимацию наблюдаемых спектров двумя теоретическими моделями, `kerrbb` и `simpl` (XSPEC). Они описывают, соответственно, тепловое излучение диска и степенную компоненту спектра. За наблюдаемый темп аккреции принимался соответствующий параметр модели `kerrbb`. Система является гораздо менее изученной, чем A 0620-00, рассматривавшейся в первой главе, поэтому при ее изучении пришлось варьировать кроме параметра вязкости α , еще и параметр Керра черной дыры, и ее массу. Орбитальный период системы превышает сутки, поэтому аккреционный диск в ней имеет большие размеры и становится актуальным выбор модели внешних радиусов диска. Можно предполагать, что облучение диска является очень существенным, и поэтому он остается полностью горячим и ионизированным в течении всей вспышки. Другой крайностью является предположение, что величина самооблучения мала, и радиус горячего ионизированного диска, только и имеющего значение для наблюдаемых проявлений, уменьшается в течении вспышки в соответствии с уменьшением локального темпа аккреции, как это происходит в случае карликовых Новых. И, наконец, возможен промежуточный вариант, при котором радиус горячей части диска контролируется самооблучением, но все же уменьшается во время вспышки. Первый сценарий приводит к нефизическим значениям параметра α , превышающим единицу, тогда как отсутствие облучения позволяет получить значения $\alpha \sim 0.1 - 0.3$, характерные для карликовых Новых. Тем не менее, диссертант и его соавторы выбрали промежуточный вариант, так как он давал наилучшее согласие с оптическими кривым блеска системы. Получаемые в этом случае значения параметра вязкости сравнимы с полученными для Новой Единорога 1975г.

Природа вязкости аккреционных дисков все еще не является окончательно установленной, несмотря на несомненные успехи моделей, основанных на магнито-ротационной неустойчивости Велихова-Чандрасекара. Исследователи не оставляют попыток объяснить наблюдаемую величину вязкости чисто гидродинамической турбулентностью, затравкой к которой может служить конвективная неустойчивость дисков в вертикальном направлении. Такова причина того, что Третья глава посвящена аналитическому рассмотрению конвективной устойчивости аккреционных дисков. В частности, рассмотрены оптически тонкие диски с ионной вязкостью и электронной теплопроводностью как механизму переноса энергии, и показано, что такие диски могут быть конвективно неустойчивыми

в поверхностных слоях, и выведены условия того, чтобы они были конвективными полностью.

Четвертая глава диссертации стоит несколько особняком. В этой части работы диссертант принял участие в исследовании затменной катаклизмической переменной V 1239 Her с помощью трехмерного гидродинамического моделирования аккреции. К.Л.Маланчеву принадлежат результаты, связанные с учетом частичной ионизации водорода в расчетах и учета функции охлаждения с помощью планковского среднего коэффициента непрозрачности.

В целом диссертация производит самое благоприятное впечатление, а ее автор, К.Л. Маланчев является талантливым молодым ученым, способным как к самостоятельным исследованиям, так и к командной работе. В представленной диссертационной работе он продемонстрировал и блестящую аналитическую математическую технику, и виртуозное численное моделирование, необходимое для глубокого понимания предмета изучения.

В то же время следует отметить, что диссертация не лишена некоторых недостатков и неточностей. В частности, необходимо отметить следующее:

1) Предположение о дополнительном притоке вещества со вторичной компоненты для объяснения вторичного пика в кривых блеска рентгеновских Новых было выдвинуто еще в 1993 году (Augusteijn et al. A&A, 279, L13).

2) В диссертации использовано значение эффективной температуры диска 10 000 К как граничное значение для разделения горячей ионизованной и холодной нейтральной частей диска. В действительности, многочисленные расчеты, выполненные для аккреционных дисков карликовых Новых показали, что такой переход наступает при 6500 К, см. например работу Pojmanski 1986, Acta Astronomica, 36, 69.

3) При рассмотрении конвективной неустойчивости диска с ионной вязкостью и электронной теплопроводностью проигнорировано охлаждение диска излучением. Такое охлаждение может быть основным источником потерь энергии и его вклад необходимо было оценить.

4) Оставляя в стороне вопрос о достоверности численных расчетов, в которых результат зависит от выбора числа точек (речь идет об использовании сеточной вязкости вместо физической в формально невязком газе, четвертая глава), необходимо отметить, что диссертант, будучи специалистом по вязким дискам, упустил возможность сравнения результатов гидродинамических расчетов с его моделями вязких дисков. Такое сравнение, несомненно, способствовало бы дальнейшему прогрессу в понимании дисковой аккреции. Отметим, что стандартные модели alpha-дисков с яркими областями взаимодействия диска и струи аккрецируемого вещества, вполне способны описывать наблюдаемые в подобных системах явления (см. работу Якина и др. Astr. Letters 2013, 39, 38; 2011, 37,845)

5) Использование функции охлаждения в предложенном диссертантом варианте верно только для оптически тонкого газа в предположении ЛТР. Автор отмечает, что оптическая толща газа может быть больше единицы, и предложенный подход будет давать неточные результаты.

Указанные недостатки не умаляют достоинств диссертации и не влияют на положения, выносимые на защиту. Диссертационная работа является завершённым научным исследованием, которое основано на самых современных и передовых методах анализа и численного моделирования.

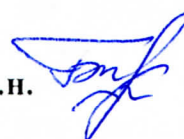
Результаты работы К.Л.Маланчева могут быть использованы в САО РАН, ИНАСАН, ГАИШ МГУ, КФУ, КраО, ГАО РАН, и других российских и зарубежных организациях, в которых исследуются уникальные тесные двойные системы с аккреционными дисками.

Автореферат полностью отражает содержание и структуру диссертации.

Основные результаты диссертации были доложены К.Л. Маланчевым лично на Астрофизическом Семинаре кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета 25-го мая 2017 года.

Считаю, что диссертация Маланчева К.Л. "Нестационарные процессы в астрофизических аккреционных дисках" удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям по специальности 01.03.02 «Астрофизика и звёздная астрономия» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук МГУ, а её автор Константин Леонидович Маланчев заслуживает присвоения ему степени кандидата физико-математических наук МГУ.

Заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета, д.ф.-м.н.



Бикмаев И.Ф.

Почтовый адрес:
420008 г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18.
телефон (843)-292-77-97
электронный адрес: ilfan.bikmaev@kpfu.ru

30 мая 2017 года

