

СТЕНОГРАММА
заседания диссертационного совета Д002.203.01
протокол №89 от 17 апреля 2015 г.

Председатель: член-корр. РАН
БАЛЕГА Юрий Юрьевич

Ученый секретарь: кандидат физ.-мат. наук
ШОЛУХОВА Ольга Николаевна

Состав совета - 19 человек, присутствуют - 16:

1.	член-корр. РАН	Балега Ю.Ю.	01.03.02
2.	д.ф.-м.н	Клочкова В.Г.	01.03.02
3.	к.ф.-м.н	Шолухова О.Н.	01.03.02
4.	д.ф.-м.н	Афанасьев В.Л.	01.03.02
5.	д.ф.-м.н	Верходанов О.В.	01.03.02
6.	д.ф.-м.н	Гаген-Торн В.А.	01.03.02
7.	д.ф.-м.н	Глаголевский Ю.В.	01.03.02
8.	д.ф.-м.н	Бескин Г.М.	01.03.02
9.	д.ф.-м.н	Засов А.В.	01.03.02
10.	д.ф.-м.н	Караченцев И.Д.	01.03.02
11.	д.ф.-м.н	Мингалиев М.Г.	01.03.02
12.	д.ф.-м.н	Панчук В.Е.	01.03.02
13.	д.ф.-м.н	Романюк И.И.	01.03.02
14.	д.ф.-м.н	Трушкин С.А.	01.03.02
15.	д.ф.-м.н	Фабрика С.Н.	01.03.02
16.	д.ф.-м.н	Богод В.М.	01.03.02

Disk1, file0001:

Председатель: Начинаем работу нашего диссертационного совета. Напомню, у нас 19 членов диссертационного совета, присутствуют сегодня 16, в т.ч. 15 докторов наук есть и совет может работать в соответствии с правилами ВАК. Сегодня у нас на рассмотрении диссертация Александра Ивановича Колбина “Картирование холодных запятненных звезд на основе многополосных фотометрических данных”. Работа выполнена на кафедре астрономии и космической геодезии Казанского (Приволжского) федерального университета.

Научный руководитель: кандидат физ.-мат. наук Шиманский Владислав Владимирович. Есть научный консультант: доктор физ.-мат. наук академик Татарстана профессор Сахибуллин Наиль Абдулович.

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук академик РАН директор ГАИШ Черепашук Анатолий Михайлович и кандидат физ.-мат. наук старший научный сотрудник САО Кудрявцев Дмитрий Олегович.

Ведущая организация: федеральное бюджетное государственное учреждение науки Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория. Это то, что в титульной странице автореферата.

Хотел попросить членов совета иметь ввиду, что, во-первых, ведется запись и надо быть очень внимательным к хождению по залу и выходу в коридор. Я попрошу всех выключить телефоны. Поскольку я знаю, что если зазвонил телефон, то человек срывается, бежит в коридор разговаривать, а могут быть неприятности. Во-вторых, это очень важно потому, что сейчас (я вот только что разговаривал с Васильевым, зам. председателем ВАК) ВАК ведет работу над сокращением общего количества советов. Сумма неизвестна, но скорее всего в два раза. А Вы знаете, что сокращать будут как раз советы, которые работают по делу – физиков? Почему? Потому что физики допускают ляпы, а вот гуманитарии, политологи, историки очень тщательно ведут бюрократию. Т.ч. есть большой риск, что могут наказать советы, которые допускают ошибки чисто юридического, процессуального характера. Третье, у нас тут ковер не для намаза, а поскольку у нас протекла крыша после зимы. Осторожно ходите, кто будет входить в зал, чтобы не споткнуться. Капает на этот коврик вода.

Если нет вопросов, то попрошу секретаря совета доложить ситуацию с документами.

Ученый секретарь: Добрый день! Документы, необходимые по положению ВАК, соискатель предоставил. Сданы кандидатские экзамены и все необходимые документы в порядке.

Председатель: Есть вопросы к секретарю? Нет. Тогда предоставляем слово

соискателю. Доклад – 20 минут, прошу Вас.

Колбин А.И. Итак, в настоящее время известно, что все звезды с внешней конвективной оболочкой должны иметь холодные фотосферные пятна на своей поверхности. Эти пятна образуются в местах выхода на поверхность магнитных трубок. Магнитное поле трубок тормозит темпы конвективного переноса энергии в атмосфере звезды, что приводит к появлению темных холодных областей.

В большинстве случаев эти пятна малы и не могут быть наблюдаемы современной аппаратурой. Однако существует несколько классов звезд, которые имеют очень высокую степень запятненности. К таким объектам можно отнести компоненты систем типа RS CVn (слайд), быстровращающиеся гиганты типа FK Com, компоненты тесных двойных систем типа W Большой Медведицы, холодные компоненты систем типа Алголя, молодые звезды типа T Тельца и многие молодые звезды Главной Последовательности.

Запятненность этих звезд проявляется во вращательно-модулированных изменениях блеска, а также в периодических изменениях профилей фотосферных спектральных линий (слайд). Эти эффекты несут информацию о распределении пятен по поверхности звезды и, следовательно, могут быть использованы для картирования поверхности звезды.

Наиболее прогрессивным методом исследования звездной поверхности считается метод доплеровской томографии. Суть этого метода заключается в поиске распределения пятен по поверхности звезды, которое могло бы описать наблюдаемые изменения профилей фотосферных спектральных линий. Тестирование данного метода показало его высокую надежность для определения как широтного, так и долготного распределения пятен. Однако данный метод предполагает получение высококачественного спектрального материала, что налагает жесткие требования на наблюдательную аппаратуру и выбор программных звезд. Метод имеет ограничения по блеску звезды, и также имеются ограничения на скорость вращения звезды.

Суть фотометрических методов картирования заключается в поиске распределения пятен по поверхности звезды, которое могло бы описать ее наблюдаемые кривые блеска. Фотометрические методы не столь информативны как метод доплеровской томографии. Однако они не налагают жестких ограничений на наблюдательную аппаратуру и могут быть применены к гораздо более широкой выборке звезд.

Существует два наиболее распространенных подхода к фотометрическому картированию запятанных звезд. Первый (слайд) базируется на моделировании запятанности пятнами с определенной геометрией. Суть второго метода заключается в разбиении поверхности звезды на элементарные площадки по которым проводится поиск распределения пятен.

Не смотря на давнюю идею фотометрического картирования, авторы по сей день часто ограничиваются данными только одной фотометрической полосы, а моделирование излучения звезды часто проводится в рамках чернотельного приближения или устаревших соотношений Барнеса-Иванса.

Целью данной диссертационной работы является развитие методов фотометрического картирования. Выполнение диссертационной работы подразумевало решение следующих задач. Во-первых, разработка и реализация метода многополосного фотометрического картирования звездной поверхности круглыми температурно-однородными пятнами. Во-вторых, разработка и реализация метода фотометрического картирования основанного на разбиении поверхности звезды на элементарные площадки. Третье, тестирование разработанных методов на моделях звезд, а также на звезде HD12454, анализ запятанности которой уже проводился другими авторами.

Также были поставлены задачи получения и обработки фотометрического материала ряда быстровращающихся запятанных звезд и анализа их запятанности разработанными методами.

Суть первого разработанного метода картирования звездной поверхности заключается в нанесении на поверхность звезды определенного количества

круглых температурно-однородных пятен (слайд). Параметры пятен определяются путем минимизации квадратов невязок между наблюдаемыми и теоретическими потоками. Для вычисления потоков от поверхности пятна его поверхность разбивается на элементарные площадки. Интегрирование интенсивности излучения по этим площадкам дает полный поток от пятна.

На данном слайде представлены некоторые детали реализованного метода (слайд). Во-первых, мы используем теоретические спектры Куруца 1993 года для расчета интенсивностей в фотометрических полосах. Также мы учитываем эффект потемнения диска краю. Для учета эффектов потемнения диска к краю мы используем линейную модель, параметры x которой определяются путем интерполяции таблиц Van Hamme 1993. Учитывается заход элементов разбиения пятна за видимый диск звезды, и также учитываются возможные перекрытия между пятнами.

При решении обратной задачи, т.е. задачи поиска параметров пятен, имеется возможность использования нескольких кривых блеска, полученных в разных фотометрических полосах. Оптимизация функции невязок проводится с помощью методов Нелдера-Мида и Ливенберга-Маквардта. Также мы распараллелили решение обратной задачи на несколько потоков для экономии вычислительного времени.

Суть следующего реализованного метода заключается в разбиении поверхности звезды на элементарные площадки (слайд). По этим площадкам проводится поиск непрерывного распределения температур, обеспечивающего совпадение наблюдаемой и теоретической кривой блеска. Ввиду большого количества искомых параметров данная задача относится к классу некорректно-поставленных и требует таких методов решения как минимизация регуляризирующей функции Тихонова и метод максимума энтропии. Метод регуляризации Тихонова требует выделения максимально гладкого решения, в то время как метод максимума энтропии требует выделения решения с максимальной информационной вырожденностью. Оба метода были

реализованы и протестированы на моделях запятненных звезд. Модели имели одно пятно, и с их помощью проводилось моделирование зашумленных кривых блеска. Шум был распределен по Гауссу с сигмой 0.005 зв.величины. На основе этих кривых блеска мы попытались восстановить модельную кривую блеска при помощи методов Тихонова и максимума энтропии. Видно, что оба метода дают примерно одинаковые результаты и виден их основной недостаток – растяжение профиля пятна. Бороться с таким недостатком картирования можно путем введения специальной весовой матрицы в стабилизирующий член функции Тихонова. Данная матрица требует выделения решения с однородным фоном незапятненной фотосферы и резкими пятнами.

Модифицированная методика была протестирована на моделях запятненных звезд (слайд). Результаты тестирования представлены на данном рисунке. Видны недостатки этой методики. Во-первых, это занижение широты высокоширотных пятен и, во-вторых, растяжение их профиля. Бороться с таким недостатком картирования можно путем использования при восстановлении поверхности нескольких кривых блеска, полученных в разных фотометрических полосах. На последнем рисунке видно, что по мере увеличения количества используемых полос постепенно уточняются координаты пятен и постепенно уточняется их профиль. Метод многополосного фотометрического картирования был также протестирован на двухпятенных моделях запятненных звезд при различных значениях угла наклона оси вращения к лучу зрения. Видно, что наиболее оптимальным вариантом для картирования является угол наклона, лежащий в пределах от 30 до 60 градусов. Реализованные методы картирования были применены для исследования звезды HD12545 (слайд). Данная звезда представляет собой систему типа RS CVn с невидимой вторичной компонентой. Фотометрический материал для данной звезды был заимствован из статьи Штрассмайера и Олы 1992 года. Из этой же статьи мы взяли параметры атмосферы данной звезды, и угол наклона ее оси вращения к лучу зрения. Полученные карты распределения круглых пятен по

поверхности звезды представлены на этом рисунке. Сравнение наблюдаемых и модельных кривых блеска дано на рисунке ниже. Видно, что полученная модель распределения температуры довольно хорошо описывает наблюдательные данные. Полученные карты можно сравнить с результатами, которые дали Штрассмайер и Ола в своей статье. Видно, что карты довольно хорошо согласуются между собой. Данная звезда была также исследована при помощи метода разбиения поверхности на элементарные площадки. Полученная модель распределения температуры представлена на данном рисунке. Сравнение наблюдаемых и теоретических кривых блеска дано на правом рисунке. Также видно хорошее согласие между теоретическими и наблюдаемыми данными. Полученную модель распределения температуры можно сравнить с моделью распределения круглых пятен, полученную ранее. Видно, что эти модели довольно хорошо согласуются.

Далее мы исследовали вторичную компоненту предкатаклизмической переменной DE CVn (слайд). Данная звезда представляет собой систему, состоящую из красного карлика класса M3 и белого карлика с температурой поверхности 8000 K. Наблюдения данной звезды проводились на Российско-Турецком телескопе РТТ-150. Обработка изображений проводилась при помощи пакета Maxim DL. Полученные кривые блеска данной системы представлены на данном рисунке. Видны затмения в системе, а также видны внезатменные вариации блеска, обусловленные запятненностью вторичной компоненты. Из анализа затмений мы нашли температуру вторичной компоненты, а $\log g$ и угол наклона оси вращения к лучу зрения были заимствованы из литературы. Далее мы вычли вклад белого карлика из кривых блеска и затем на основе данных в полосах V и R попытались восстановить поверхность звезды. Было получено три модели распределения круглых пятен с различными значениями температур пятен. Эти модели представлены на данном рисунке. Оказалось, что все три модели одинаково хорошо описывают наблюдаемые кривые блеска. Поэтому, мы не можем сделать однозначных

выводов о температуре пятен и о величине запятненности. Данная звезда была также исследована методом разбиения поверхности на элементарные площадки. Было получено три решения с различной температурной амплитудой. Все три решения одинаково хорошо описали наблюдаемые кривые блеска.

Следующей исследованной звездой стала звезда HD1883 (слайд). Данная звезда представляет собой быстровращающийся K-карлик скопления Плеяд. Наблюдения звезды проводились на телескопе Цейсс-1000 САО РАН. Обработка изображений проводилась в пакете IRAF. Полученные кривые блеска представлены на данном рисунке. Видно, что по мере увеличения эффективной длины волны фильтра уменьшается амплитуда кривой блеска, что свойственно запятненным звездам. Из анализа цветных кривых мы нашли оценку температуры незапятненной фотосферы. Также из анализа блеска звезды и по оценкам параметра $V\sin(i)$ мы нашли угол наклона оси вращения к лучу зрения. Звезда была картирована обоими реализованными методами. Карты распределения пятен представлены на этих рисунках. Видно хорошее согласие между теоретическими и модельными данными.

Следующими исследованными объектами стали звезды AP86 и AP226 (слайд). Эти объекты представляют собой быстровращающиеся карлики скопления Альфа Персея. Наблюдения этих звезд проводились на телескопе Цейсс-1000 САО РАН. Обработка наблюдательного материала проводилась при помощи пакета IRAF. Полученные кривые блеска представлены на данных рисунках. Видна асимметричная форма кривых блеска, и также видна уменьшающаяся с увеличением эффективной длины волны фильтра амплитуда. По анализу цветных кривых B-V мы нашли оценку эффективных температур звезд, также были найдены оценки угла наклона оси вращения к лучу зрения и $\log g$. Эти звезды были картированы обоими реализованными методами. Карты распределения пятен по поверхности этих звезд представлены на верхних рисунках, а сравнение наблюдаемых и теоретических кривых блеска дано ниже. Видно, что в обоих случаях мы получили распределения, которые хорошо

согласуются с наблюдаемыми данными. Для AP86 была найдена запятненность, покрывающая 11% видимой поверхности, температура пятен оказалась на 400 К ниже температуры незапятненной фотосферы. Для AP226 мы нашли запятненность 12%, а пятна оказались холоднее незапятненной фотосферы на 500 К.

Положения, выносимые на защиту (слайд). Метод многополосного фотометрического картирования запятненных звезд круглыми пятнами с учетом данных теории звездных атмосфер. Второе, метод многополосного фотометрического картирования непрерывным температурным распределением, с использованием данных звездных атмосфер и возможностью усиления контраста пятен. Третье, карты распределения пятен по поверхности вторичной компоненты системы типа RS CVn HD12545. Четвертое, карты распределения пятен по поверхности вторичной компоненты предкатаклизмической переменной DE CVn. Пятое, карты распределения пятен по поверхности быстровращающихся карликов HIP1883, AP86 и AP226, полученные на основе анализа многополосного фотометрического материала.

Научная и методическая новизна (слайд). Первое, впервые реализован метод многополосного фотометрического картирования поверхности звезды круглыми пятнами, основанный на моделировании излучения звезды по данным теории звездных атмосфер, а также учитывающий перекрытия между пятнами при моделировании запятненности со сложной структурой. Второе, впервые реализован метод многополосного фотометрического картирования, основанный на разбиении поверхности звезды на элементарные площадки и поиске непрерывного температурного распределения. Третье, впервые проведено фотометрическое картирование первичной компоненты HD12545 с одновременным анализом данных в четырех полосах: В, V, R и I. Четвертое. Выполнен анализ запятненности вторичной компоненты предкатаклизмической системы DE CVn. Пятое, впервые выполнен многополосный фотометрический анализ запятненности звезды HIP1883 непрерывным температурным

распределением. Впервые проведен анализ запыtnности звезд AP86 и AP226.

Результаты работы были опубликованы в 11 публикациях, среди них пять из списка ВАК (слайд).

Личный вклад автора состоит активном участии в постановке и решении задач диссертационной работы (слайд). Им были разработаны алгоритмы восстановления поверхности запыtnнных звезд. Также ему принадлежит участие в тестировании разработанных методов, в том числе на звезды HD12545. Автору принадлежит выбор объектов исследование и участие в наблюдениях двух исследованных объектов. Кроме того, ему принадлежит обработка наблюдательного материала для звезд DE CVn, III1883, AP86 и AP226, а также основной вклад в определение параметров этих звезд. Автором был подготовлен текст всех указанных выше публикаций.

Работа была апробирована на десяти международных и российских конференциях (слайд).

Спасибо за внимание!

Председатель. Спасибо! Уложился. Вопросы к Александру Ивановичу, пожалуйста. Панчук.

Панчук В.Е. (САО): Вы выбирали объекты исследования. Были ли среди этих объектов звезды с известными результатами доплеровского картирования, где можно сравнить где можно сравнить два метода и протестировать?

Колбин А.И.: Среди звезд для которых мы получали фотометрию сами таких звезд не было. Они очень слабые и быстровращающиеся...

Панчук В.Е.: Спасибо.

Колбин А.И.: Хотя была одна звезда, это звезда HD12545...

Панчук В.Е.: У меня второй вопрос.

Председатель: Сейчас, секундочку. Вы еще не закончили ответ, да?

Колбин А.И.: Да, была одна звезда, это звезда HD12545, фотометрические данные для которой были заимствованы из литературы (слайд). Вот для этой звезды проводилось доплеровское картирование и там, действительно, пятна

находились где-то в этой области – в северном полушарии близко к полюсу. Вернее на умеренных широтах и близко к полюсу.

Председатель: Ясно, спасибо. Второй вопрос, Панчук.

Панчук В.Е.: Второй вопрос. Т.к. звучала фраза с учетом теории звездных атмосфер в первых двух пунктах, то вопрос к потемнению к краю: какая модель потемнения к краю? Я имею ввиду и в цветах потому, что набор звезд довольно разнообразный. Там есть и М-карлики и другие... У них закон потемнения очень разнообразный.

Колбин А.И.: Использовалась линейная модель потемнения диска к краю (слайд). А вот эти параметры x зависят от эффективной температуры и $\log g$. Они определялись путем интерполяции табличек Ван Хамме.

Панчук В.Е.: Спасибо.

Председатель: Богод, следующий вопрос.

Богод В.М.: Поскольку звезды по общим параметрам близки к Солнцу и Вы, наверное, должны были заметить цикличность. Появление и исчезновение пятен обычно связано с активностью и, вообще, собственно-говоря, эти вопросы связаны с механизмом. Такие большие пятна, которые Вы рассматриваете, вообще не существуют на Солнце.

Колбин А.И. Дело в том, что эти звезды проявляют повышенную магнитную активность и, соответственно, пятна, которые вызваны магнитным полем, они больше по площади. Т.е. магнитная активность этих звезд намного выше чем на Солнце и, соответственно, пятна на них тоже намного больше.

Богод В.М.: А механизм? Он другой?

Колбин А.И.: Механизм такой же. Скорее всего, это динамо механизм.

Председатель: Ясно. Засов, МГУ.

Засов А.В.: У Вас есть определенный набор модельных параметров и Вы ищете их оптимальное сочетание, которое наилучшим образом объясняет фотометрию. Тогда возникает вопрос относительно чувствительности результатов к точности начальных данных. Вот если я чуть-чуть пошевелю

какую-то кривую, насколько у меня этот разброс получится в конечном ответе. В работе я не чувствую уверенного интервала оценки. Что здесь можно сказать?

Колбин А.И.: Оказывается, что фотометрические методы не очень чувствительны к широте пятен. Т.е. уверенно сказать что-то о широте пятен на основе фотометрии, по крайней мере с такой точностью, не возможно. Но зато можно уверенно говорить о долготе запятненности. Фотометрия к этому довольно чувствительна. Т.е. исходя из фотометрии мы можем довольно точно определить долготы пятен, но широты пятен определить точно не удастся. Кроме того, когда мы определяем запятненность, мы имеем дело лишь с нижним пределом запятненности. Дело в том, что на звезде могут существовать либо полярные пятна, либо колечки, которые не дают вращательной модуляции, и, соответственно, их мы разрешить не сможем, анализируя только кривые блеска.

Председатель: Удовлетворены ответом?

Засов: Да.

Председатель: Романюк.

Романюк И.И.: Методы доплеровского картирования... Мой вопрос несколько переключается с вопросом Засова. Долгота пятна и его размер определяются, в зависимости от качества наблюдательного материала, с точностью, скажем, в один градус. Широта на порядок хуже. У Вас я вижу, широта не определяется совсем, и Вы вместо круглого пятна можете получить вытянутый диск, да или нет?

Колбин А.И.: На самом деле, если мы будем варьировать широты пятен, то мы можем найти такие решения, которые бы довольно точно описывали кривые блеска. Т.е. широта в фотометрических методах определяется довольно грубо. Здесь можно говорить лишь о том, что пятно расположено где-то на умеренных широтах, где-то ближе к экватору и все.

Председатель: Афанасьев, САО.

Афанасьев В.Л.: У меня два вопроса: общего плана и конкретно по одной

картинке. Вопрос общего плана вот какой. То, что у Вас фотометрическое картирование чувствительно к долготе пятен – это просто из постановки задачи. А вот откуда Вы берете число пятен? Откуда это следует?

Колбин А.И.: Просто, сначала мы моделируем кривую блеска...

Афанасьев В.Л.: Я закончу. Дело в том, что это очень похоже на гаусс-анализ, где нет однозначного утверждения о числе гауссиан или пятен. В связи с этим вопрос: а к чему имеет отношение восстановление? Восстановление имеет отношение к выяснению числа пятен? То, что Вы задали какое-то пятно и модель вращения и потом оптимизируете, то по дорожке численных методов (спектрах галактик делаются подобные вещи), по некоторым параметрам происходит вырождение и это особенности моделей. Т.е. вопрос простой: откуда взято данное количество пятен? Почему не пять? Почему одно?

Колбин А.И.: Количество пятен мы определяли следующим образом. Сначала мы моделируем кривые блеска наиболее простой моделью, т.е. с одним пятном. Если оказывается, что данная модель не может описать кривые блеска с нужной точностью, то мы вводим второе пятно. Если два пятна не могут описать, то мы можем ввести третье.

Афанасьев В.Л.: Хорошо, я понял. И, наконец, последний вопрос. Сдвиньтесь по графикам, там фотометрия звезд была показана. Там в одном месте... Вот (слайд), Ic, это что у Вас там происходит в начале? Это такая модуляция? Вот, от фазы 0.75 до фазы 1 график в Ic начинает болтаться от измерения к измерению на заметную величину. Что это означает?

Колбин А.И.: Скорее всего это связано с меняющимися атмосферными условиями.

Афанасьев В.Л.: Т.е. это качество атмосферы. В связи с этим вопрос по ошибкам, которые задавались. Вы говорите, как здорово кривые описывают то, что видно. А какие-то статистические тесты, утверждения, основанные на анализе статистики, у Вас сделаны?

Колбин А.И.: Конечно, мы определяли среднеквадратические отклонения

наблюдаемых данных от кривой. Они согласуются с ошибками измерений.

Афанасьев В.Л.: Ну это, вообще говоря, ни о чем не говорит.

Председатель: Ясно. Ключкова, САО.

Ключкова В.Г.: Я хотела понять ограничения Вашего метода по контрасту. Каков минимальный контраст? И как влияет на результат скорость вращения звезды? Есть ли какие-то ограничения?

Колбин А.И.: Контраст пятен может быть не очень большой, но их площадь может быть большая, поэтому они могут вносить существенный вклад в кривые блеска. В общем, метод применим для всех случаев, когда мы можем видеть изменения блеска, связанные с прохождением пятен по диску звезды. При этом пятна могут быть малыми, но иметь низкую температуру, либо большими, но иметь низкий температурный контраст.

Ключкова В.Г.: Это чувствует разница потоков. А по поводу скорости вращения звезды?

Колбин А.И.: На скорость вращения никаких ограничений нет. Главное чтобы пятна не успели перестроиться во время цикла вращения.

Председатель: Габдеев, САО.

Габдеев М.М.: Я хотел задать уточняющий вопрос. Вы говорите, что от широты пятен мало что зависит. При этом само пятно как-то меняется? Размер пятна, температура, если Вы не знаете точно широту.

Колбин А.И.: Да, конечно. Если мы имеем дело, например, со случаем когда пятно находится близко к полюсу, а угол наклона – 90 градусов, то кривую блеска мы можем описать либо высокоширотным пятном, либо, возможно, меньшим пятном, но расположенным близко к экватору.

Председатель.: Есть еще вопросы, коллеги? Нет, спасибо. Присаживайтесь, пожалуйста. Переходим к отзывам. Начинаем с отзыва научного руководителя. Напомню, что у нас есть еще отзыв научного консультанта. Научный руководитель здесь, т.ч. мы попросим Владислава Владимировича рассказать нам в раз.

Шиманский В.В.: Добрый день, уважаемые коллеги. Я, наверное, лучше зачитаю отзыв, чем буду импровизировать.

Задача исследования эффектов запятненности звезд является актуальной для развития нескольких направлений современной астрофизики. Известно, что запятненность и ее временные изменения обусловлены взаимодействием глобальных магнитных полей звезд с конвективными движениями в внутренних слоях и их дифференциальным вращением. Одновременно наблюдаемые характеристики пятен отражают состояние плазмы в звездных фотосферах и атмосферах. Поэтому восстановление температурного распределения на поверхности звезд предоставляет широкую информацию для моделирования внутренней структуры и атмосфер звезд, конфигурации магнитного поля, а также особенностей их эволюции. Однако, как правило, запятненность звезд влияет на их спектры одновременно с рядом других явлений: глобальным и локальным магнитным полем, несферичностью, дифференциальным вращением, химической неоднородностью поверхности и др. Поэтому для изучения все перечисленных явлений требуется независимое и максимально корректное определение эффектов запятненности и их учет при моделировании звездного излучения. Перечисленные обстоятельства обуславливают актуальность и научную значимость тематики диссертационной работы Колбина А.И.

Широко используемое в настоящее время доплеровское картирование звезд при наличии преимуществ, обладает рядом очевидных недостатков. Во-первых оно требует получения наборов спектров с высоким спектральным и временным разрешением и отношением сигнал шум не менее 100. Выполнение таких жестких требований возможно только для звезд до 10 звездной величины даже при использовании достаточно крупных телескопов. Во-вторых, доплеровское картирование описывает не температурную структуру поверхности, а распределение по ней интенсивности излучения в исследуемой линии. Данная интенсивность сложным образом зависит от температуры плазмы. Кроме того,

как сказано выше, на нее оказывают влияние (часто более сильное) другие факторы, точное моделирование которых затруднено или невозможно. Фотометрическое картирование позволяет полностью или частично решить описанные проблемы. Во-первых, оно возможно для звезд 15-ой звездной величины, что расширяет число исследуемых объектов на 2-3 порядка. Их наблюдения в многих случаях можно выполнять на средних и малых телескопах, допускающих широкую кооперацию и получение длинных, непрерывных рядов наблюдений. Последнее обстоятельство имеет особое значение при исследовании запятанных звезд, обладающих быстрой переменностью. Во-вторых, светимость каждой точки поверхности связана с температурой однозначной и точно моделируемой зависимостью, а влиянием других факторов часто можно пренебречь. В итоге появляется возможность точно восстановить температурное распределение на основе фотометрического картирования поверхности звезды и применить его при дальнейшем анализе спектров.

В представленной диссертации Колбиным А.И. разработаны и программно реализованы два независимых метода фотометрического картирования. Следует отметить, что эти методы используют результаты, полученные на основе расчетов с применением моделей звездных атмосфер. Такой подход, качественно отличает диссертационную работу от предыдущих исследований, т.к. включает точный учет физики явлений.

Диссертантом показано, что при анализе наблюдательных данных наиболее эффективным оказывается совместное применение обоих методов, которое носит предсказывающе-исправляющий характер. Метод картирования круглыми пятнами позволяет оценить их температуру и получить грубую карту, а метод непрерывного распределения - воспроизвести структуру поверхности звезды, более обоснованную с физической точки зрения. Реализация данного подхода при изучении ряда запятанных звезд показало его высокую эффективность и законченность всего цикла исследований. Не вызывает

сомнений, что разработанные диссертантом универсальные методы фотметрического картирования и предложенные рекомендации по их применению обеспечат будущий прогресс в изучении многих типов объектов с запятненной поверхностью.

Руководитель хочет особо отметить, что при выполнении диссертационной работы Колбин А.И. показал крайне высокий уровень подготовки во многих областях астрофизики, математики и программирования, зарекомендовал себя ответственным, квалифицированным специалистом, способным самостоятельно формулировать и решать научные задачи, обобщать и творчески развивать полученные результаты.

Считаю, что работа Колбина А.И. полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на звание кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия".

Хочу в конце добавить, что вообще-то, хотя эта работа кажется несколько выделяющейся от тематик работы нашей кафедры, но на самом деле ее начало было непосредственно стимулировано работами, которые ведутся у нас на кафедре. В конце прошлого десятилетия мы перешли к исследованию ряда типов систем, ряда одиночных звезд с заметными эффектами запятненности. Мы выяснили, что на основе имеющихся у нас методик мы полностью описать излучение этих объектов не можем и как раз, на наше счастье, у нас появился молодой сотрудник, которому мы поручили эту тему и который эту тему развил. Сейчас мы ее используем в наших исследованиях. Спасибо.

Председатель: Спасибо, Владислав Владимирович. А сейчас давайте заслушаем отзыв научного консультанта профессора Сахибуллина Наиля Абдуловича. Две странички.

Ученый секретарь: Отзыв на диссертацию Колбина Александра Ивановича. В последние годы теория звездных атмосфер и ее использование при интерпретации достигла больших высот. Многие классические предположения, высказанные почти 100 лет назад еще Милном ввиду отсутствия физических

данных и вычислительной техники сегодня полностью пересмотрены: отказ от гипотезы ЛТР, от планарности, от азимутальной симметрии по диску звезды, от однородности химического состава по глубине и многое другое. Здесь еще уместно напомнить о создании так называемых 3D моделей атмосфер, в которых уже учтена конвенция, изменение структуры атмосферы и поля излучения как по трем координатам, так и со временем. Можно упомянуть и учет гидродинамики в расширяющихся звездных ветрах. И в определенный момент создалась иллюзия, что теория звездных атмосфер, сыграв свою положительную роль, становится менее актуальной и без дальнейших перспектив в широком применении.

Но в КГУ (ныне КПФУ) нашли такое применение к различным астрономическим объектам: атмосферы нейтронных звезд и аккреционных дисков, звезды с внешним облучением, интегральные спектры далеких скоплений, атмосферы тесных двойных систем.

В представленной диссертационной работе аспиранта Колбина Александра модели звездных атмосфер были применены к изучению пятен на звездах: их распределения по поверхности, определения их форм и параметров.

Наличие пятна на поверхности звезды и его характеристики лучше выявляются при спектроскопических наблюдениях. Но число объектов, для которых возможно получение таких данных очень ограничено. По этой причине Колбину была поставлена задача выяснения перспектив использования фотометрических данных для изучения пятнистости звезд.

Disk1,file0002:

Кроме того, консультант настоял на использовании собственных наблюдений, осуществленных Колбиным.

Поставленная задача требовала от него не только глубокого знания теории переноса излучения и моделирования звездных атмосфер, но и знания математики (решение некорректно-поставленных задач) и тонкостей программирования.

Решение задачи осуществлялось последовательно. Сперва был создан метод моделирования одиночных круглых пятен. Затем метод был распространен для анализа кривых блеска многопятенными моделями. Но применение разработанного на начальном этапе метода не давало однозначного решения.

Поэтому Колбиным был сделан следующий важный шаг: использовать разбиение поверхности звезды на малые площадки. Каждая такая площадка рассматривалась по сути как отдельная модель атмосферы (были использованы модели Куруца). Этот метод прежде всего опробирован на модельных задачах, когда задается искусственное пятно (пятна) и восстанавливается его (их) изображение.

Следующий шаг – это применение метода к конкретным объектам. При этом был использован наблюдательный материал, полученный как в САО, так и на РТТ-150.

При выполнении всего исследования Колбин А.И. проявил себя как творческий специалист, хорошо представляющий себе пути решения возникающих проблем, хорошо разбирающийся в разных областях науки.

Хотелось бы также отметить и большую самостоятельность при выполнении работы. В некоторых случаях принимал решение вопреки советам окружающих коллег. И часто обнаруживалось, что его выбор решения был более обоснован, чем иные подходы.

Несомненно, что представленная работа представляет законченное исследование. Текст диссертации изложен логично без злоупотреблений жаргонами понятиями.

Для меня приятно, что диссертация Колбина является расширением традиционных казанских исследований по моделированию звездных атмосфер на новую область – область запятненных звезд.

По объему, по качеству выполнения исследования, по оригинальным результатам для отдельных звезд Колбин А.И. заслуживает присуждения ему степени кандидата физ.-мат. наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и

звездная астрономия.

Консультант, профессор кафедры астрономии и космической геодезии К(П)ФУ, академик АН РТ Сахибуллин Наиль Абдулович.

Председатель: Спасибо, Ольга Николаевна. Сейчас мы по протоколу должны заслушать заключение организации, где была выполнена работа. У нас это заключение есть. Подписано Бикмаевым и Тутышкиной. Тутышкина – это ученый секретарь. Подтверждено проректором по науке Нургалиевым. Пожалуйста, Ольга Николаевна.

Ученый секретарь: Выписка из протокола № 8 заседания кафедры астрономии и космической геодезии института физики Казанского (Приволжского) федерального университета от «29» января 2015 г.

На заседании присутствовали: и.о. зав. каф., Бикмаев, проф. Сахибуллин, проф. Кащеев и другие. Слушали: Сообщение ассистента кафедры астрономии и космической геодезии КФУ Колбина А.И. о диссертационной работе на тему "Картирование холодных запятненных звезд на основе многополосных фотометрических данных", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Научный руководитель - доц. к.ф.-м.н. Шиманский В.В., научный консультант - проф. д.ф.-м.н. Сахибуллин Н.А.

Тема диссертации утверждена ученым советом Института Физики Казанского (Приволжского) федерального университета 13 ноября 2014 г.

Диссертация посвящена решению проблемы количественного восстановления температурной структуры поверхности запятненных звезд по данным их фотометрических наблюдений. Автором разработаны и программно реализованы методы картирования звезд с применением моделей круглых пятен с их перекрытием и непрерывного температурного распределения. Выполнены многочисленные тестовые расчеты оценки точности и устойчивости данных методов и способов их повышения. Предложена и реализована уникальная методика многополосного фотометрического картирования с учетом связи между полосами на основе использования моделей атмосфер звезд.

Разработанные методы применены для восстановления и анализа структуры поверхности 5 запятненных звезд с одновременным определением ряда их фундаментальных параметров.

В обсуждении диссертации приняли участие: акад. АН РТ проф. Сахибуллин Н.А., проф. Бикмаев И.Ф., доц. Шиманский В.В.

Рецензент диссертации доц. Жуков Г.В. Рецензент диссертации доцент Жуков Г.В. оценил диссертацию как научное исследование, вносящее существенный вклад в развитие астрофизики звезд. В ней разработаны методы картирования поверхности звезд с холодными (магнитными) пятнами в рамках двух моделей: набором круглых пятен и непрерывным температурным распределением по фотосфере звезды на основе фотометрических наблюдений, в т.ч. и многоцветных. Тестирование программ показало хорошую сходимость методов, в том числе и при сравнении с исследованиями других авторов. Кроме того Колбин А.И. выполнил работу по получению нового наблюдательного материала для 3 звезд (в соавторстве с Габдеевым М.М.), уточнению параметров исследуемых звезд и моделированию распределения пятен на их поверхности. На основании данной работы впервые представлены модели запятненности для 5 звезд. В целом рецензент считает представленную диссертацию законной работой, соответствующей современному мировому уровню и рекомендует ее к защите.

Постановили: Рекомендовать диссертацию Колбина А.И. на тему "Картирование холодных запятненных звезд на основе многополосных фотометрических данных " к защите на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук и утвердить следующее заключение.

Основное содержание диссертации изложено в 11 публикациях.

Результаты диссертации, выносимые на защиту, полностью опубликованы в совместных работах..

Вклад автора состоит в: 1) участии в постановке задачи и анализе результатов; 2) самостоятельной разработке и реализации методик исследований, обработке

наблюдательных данных, проведении тестовых и итоговых расчетов; 3) написании большей части текста каждой статьи.

Диссертация выполнена на кафедре астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета. В 2011-2015 гг. Колбин А.И. проходил обучение в очной аспирантуре КФУ. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2015 г.

Колбин А.И. при выполнении диссертационной работы зарекомендовал себя как специалист исследователь очень высокой квалификации, способный самостоятельно ставить и решать научные задачи. С 2011 года участвовал в качестве исполнителя и руководителя в выполнении научных проектов.

Оценивая диссертацию в целом, кафедра считает, что в ней рассмотрены проблемы и разработаны методы их решения, имеющие важное значение для дальнейшего развития физики одиночных звезд и звездных систем. Представленная Колбиным диссертация " Картирование холодных запятненных звезд на основе многополосных фотометрических данных" соответствует специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия", полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на звание кандидата физико-математических наук и рекомендуется к защите по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия".

И.о. зав. кафедрой астрономии и космической геодезии д.ф.-м.н., профессор Бикмаев. Секретарь Тутышкина.

Председатель: Спасибо. На автореферат поступили отзывы?

Ученый секретарь: На автореферат не поступило отзывов.

Председатель: Спасибо. Тогда переходим к отзыву ведущей организацию. Напомню, что ведущая организация – Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН.

Гнедин Ю.Н.: Дело в том, что он (Колбин А.И.) прошел наш семинар, четко отвечал на вопросы, и я представляю наш отзыв. Содержания диссертации здесь нет, а только то, что требуется. Первый вопрос – актуальность темы

диссертации. Может быть я не буду это зачитывать? Здесь уже много про это говорили. Сразу перейду ко второму важному пункту. Научная новизна основных результатов и выводов диссертационной работы. Следующие результаты диссертационной работы являются новыми.

Первое, разработан и реализован метод многополосного фотометрического картирования звездной поверхности круглыми однородными по температуре пятнами. Существенно, что разработанный метод базируется на использовании современных результатов теории звездных атмосфер.

Второй разработанный метод состоит в реализации многополосного фотометрического картирования. Он состоит в разбиении поверхности звезды на элементарные площадки. Результаты теории звездных атмосфер, наряду с применением метода Тихонова, эффективно использованы в процессе моделирования кривых блеска.

Третий важный результат. Впервые выполнено детальное фотометрическое картирование поверхности ряда звезд, включая первичную компоненту звезды RS Canis Venaticorum, тут все перечисляется, вторичную компоненту второй, он об этом рассказывал, и ряда быстровращающихся звезд.

Следующий пункт. Степень обоснованности и достоверности основных результатов диссертации. Основные результаты диссертационной работы вполне достоверны и надежны. Данные наблюдений получены на эффективно работающих телескопах Цейсс-1000 Специальной астрофизической обсерватории и на Российско-Турецком телескопе РТТ-150. Надежность разработанных методов картирования проверена их детальным тестированием, а также совпадением в отдельных частных случаях с результатами других авторов. Результаты диссертации представлены на ведущих российских и международных конференциях.

Четвертое. Научная и практическая значимость основных результатов и выводов диссертации. Научную значимость представляет эффективность развитой методики, основанной на использовании современных результатов

теории звездных атмосфер. Практическую значимость представляют полученные кривые блеска наблюдавшихся, при участии диссертанта, звезд. В результате получен ценный материал для анализа структуры и эволюции звездных магнитных полей.

Ну и последний пункт – это оценка диссертационной работы в целом. Данная диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Имеется следующее замечание к диссертационной работе. Хотя в диссертационной работе говорится о тесной связи сильной запятненности звезд с их вращением, автору следовало более детально обсудить данную проблему. Второе замечание связано с тем, что на поверхности звезд, как правило, существует два типа неоднородностей – пятна и соответствующие им факельные поля. Автору диссертации следовало обратить на это внимание. Конечно, следует рассматривать данные замечания как рекомендацию диссертанту для дальнейшей работы.

Ну и конец. Диссертация Колбина является законченным научным исследованием в котором представлены результаты картирования холодных звезд с пятнами на их поверхности. Результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах с высоким импакт-фактором. Апробация данной работы имеет достаточно высокий уровень. Диссертация А.И. Колбина удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия, а сам автор Колбин заслуживает присуждения ему искомой степени.

Результаты данной диссертационной работы могут найти свое применение в таких астрономических учреждениях, как ГАИШ МГУ, Институт Астрономии РАН, САО и ГАО РАН, Санкт-Петербургский государственный университет.

Автореферат диссертации соответствует его содержанию.

Отзыв утвержден Научным собранием Астрофизических отделов и подписан председателем научного собрания, доктором физ.-мат. наук, профессором и

вашим покорной слугой. И, конечно, утвержден – все как положено, правда, не самим директором (тогда директор у нас отсутствовал), а исполняющим обязанности директора ГАО РАН, доктором физ.-мат. наук Юрием Анатолиевичем Наговициным.

Председатель: Спасибо, Юрий Николаевич. Присаживайтесь. Александр Иванович, Вам дается возможность ответить на высказанные замечания.

Колбин А.И.: Первое замечание было связано с тем, что в диссертации не очень детально рассмотрен вопрос о связи запятненности с быстрым вращением. Действительно, оказывается, что все запятненные звезды имеют быстрое вращение и оказывается, что чем быстрее вращается звезда тем больше у нее магнитная активность и, соответственно, большая площадь запятненности. В работе это немножко обсуждалось, в частности был дан график зависимости интенсивности эмиссий в линиях CaII H и K от числа Россби, который зависит от периода вращения. Но я согласен с тем, что, наверное, эту зависимость следовало рассмотреть подробнее.

Второй вопрос был связан с вкладом факельных полей в форму кривых блеска. В действительности оказывается, что наибольший вклад в форму кривых блеска оказывают именно пятна, что подтверждается данными спектральных наблюдений, данными доплеровской томографии, данными затменного картирования. Оценить вклад факелов можно следующим образом. Мы можем снять спектр звезды и посмотреть на поток в эмиссиях линий H альфа, H бета, CaII H и K. Дело в том, что факелы большую часть энергии излучают в этих эмиссиях. Сняв спектр можно убедиться в том, что поток в факелах намного меньше, чем поток в континууме. Поэтому пятна будут давать наибольший вклад в кривую блеска. Т.е. факелами можно пренебречь.

Председатель: Спасибо.

Колбин А.И.: Да, я полностью согласен с тем, что вклад факелов нужно было обсудить в диссертации.

Председатель: Переходим к отзывам официальных оппонентов. Слово

предоставляется Анатолию Михайловичу Черепашуку, ГАИШ МГУ.

Черепашук А.М.: Как специалисту в области решения обратных задач астрофизики мне приятно было читать работу потому, что она наполовину связана с разработкой методов решения обратных задач. Я получил удовольствие от прочтения первой части. Собственно, диссертация разбивается на две части, семь глав. Из них половина – разработка методов анализа кривых блеска запятанных звезд; вторая – конкретные приложения и астрофизические выводы. По методической части все сделано хорошо. Диссертант проявил хорошее понимание тонкостей решения проблемы обратных задач астрофизики. Надо сказать, что я читал диссертацию с пристрастием потому, что диссертант не сослался на нашу монографию: Гончарский, Черепашук, Ягола “Некорректные задачи астрофизики”, где приведены программы на языке ФОРТРАН для решения подобных задач. Я ему посочувствовал потому, что он писал сам эти программы. А я когда-то писал эти программы и я знаю что это такое – это очень непростая задача. Тем не менее, не смотря на то, что я был огорчен этим обстоятельством и читал с некоторым предупреждением работу с намерением сделать ему такой хороший втык за это дело, но у меня ничего не получилось потому, что он во всем хорошо разобрался. И надо сказать, очень методически правильно построил алгоритмы анализа кривых блеска. Сначала он идет от параметрической модели, задает конечное число пятен. Это задача с конечным числом параметров. Если говорить высоким научным языком, то решает задачу на компакте, т.е. множество параметрических функций является компактным. Это некоторое свойство упорядоченности. На компактном множестве задача условно корректна. Условна потому, что задача решается не на всем множестве, а на суженном множестве, компактном, в данном случае конечно-параметрическом. Корректна в том смысле, что малому возмущению входных данных соответствует малое возмущение решения, решение сходится к точному решению и можно оценить ошибку при фиксированной погрешности наблюдательных данных можно оценить ошибку решения. Задача может

решаться любым методом на множестве параметрических функций. Здесь встает только единственная проблема – адекватность параметрической модели исходным наблюдательным данным. Количество параметров не велико, скажем, пять-семь параметров, а наблюдательных точек может быть тысяча. Задача сильно переопределена, поэтому прежде чем решать параметрическую задачу надо убедиться, что задача с небольшим числом параметров хорошо описывает наблюдательные данные. Т.е. ваша параметрическая модель адекватна наблюдательным данным. После того, как модель оказывается не совсем адекватной можно переходить к методам решения с использованием других алгоритмов регуляризации. Эти алгоритмы не позволяют выделить компактное множество. Некорректная задача должна решаться с использованием априорной информации о поведении решения. Одна из априорных информации – параметрическое решение. Если нет такой информации, то применяют методы регуляризации. Они дают решение асимптотически близкое к точному решению. Тихоновым доказана теорема, что если вы используете априорную информацию о гладкости искомого решения, то хотя компактное множество при этом не выделяется и задача остается некорректной, но можно построить так называющийся регуляризирующий алгоритм, который позволяет построить последовательность приближенных решений, которые при уменьшении погрешности наблюдений равномерно сходятся к точному решению обратной задачи. В таких регуляризирующих алгоритмах можно получить надежное решение, но, как это не удивительно, ошибку точного решения оценить нельзя. Есть такие задачи, где можно получить решение, но нельзя оценить ошибку потому, что не выделено компактное множество функций. С помощью алгоритма асимптотического приближения вы можете приблизиться к точному решению. Если говорить о регуляризирующих алгоритмах, то их существует несколько. Автор выбрал два таких алгоритма и это правильно. Это очень тонкая вещь. Надо посмотреть как зависит от априорной информации качество получаемого решения. В методе Тихонова используется априорная информация

о гладкости, а в методе максимума энтропии используется другая априорная информация в некотором статистическом смысле, соответствующая максимуму так называемой энтропии. Показано, что двумя этими методами получаются сходные результаты. Это очень важно. Проверено, как качество решения зависит от априорной информации. Все алгоритмы он сам писал, даже их несколько усовершенствовал. В частности у метода Тихонова недостаток в том, что хотя он и дает равномерную сходимость к точному решению... Кстати, в стихийных методах, которые не используют априорную информацию, при уменьшении погрешности наблюдений получается разбалтывание решения. В методе регуляризации такого не получается. Какая бы малая ошибка не была, всегда получается хорошее регулярное решение, которое стремится к точному. Таким образом, алгоритмы апробированы, сравнены результаты, полученные в рамках параметрической модели, и результаты, полученные с помощью методов регуляризации (двух независимых, при разных типах априорной информации). Применена модификация метода Тихонова, взят критерий выбора параметра регуляризации не точно по невязке, а немножко другой критерий. Если выбирать параметр регуляризации по невязке, то получается заглаженное решение – решение с минимальной тонкой структурой. Поэтому его надо модифицировать. Это диссертант продемонстрировал. Метод максимума энтропии тоже обладает недостатком. Там нет равномерной сходимости, там сходимость в пространстве L_1 , когда расстояние между функциями – сумма модулей разности значений функций (не сумма квадратов отклонений, а сумма модулей разностей). Тем не менее, метод максимума энтропии меньше заглаживает решение, но из-за того, что нет равномерной сходимости, он может давать артефакты – отдельные пички, отдельную тонкую структуру. Поэтому применение двух методов – метода Тихонова и метода максимума энтропии позволяет очень хорошо все контролировать. В этом смысле диссертант хорошо во всем разобрался, за это его можно похвалить. Вторая половина диссертации состоит в том, что эти результаты применяются к конкретным системам. В

отзыве написано, какие конкретно результаты были получены, диссертант прекрасно их изложил. Разрешите мне перейти к заключению. В заключении резюмированы результаты исследования запятненности звезд, полученные диссертантом и сформулированы перспективы применения развитых им методов интерпретации. Таким образом, диссертантом развиты весьма надежные методы интерпретации многоцветных фотометрических наблюдений запятненных звезд, использующие современные данные теории звездных атмосфер с применением научно-обоснованных методов решения обратных некорректных задач. Применением к ряду запятненных звезд, в том числе к быстрым ротаторам (Это очень важно. Для быстрых ротаторов спектральные наблюдения не позволяют с нужной точностью получить профиль на разумных телескопах, т.к. период – 5 часов, а время экспозиции, необходимое чтобы получить хороший профиль, не менее часа. За этот час получается размывание профиля за счет вращения звезды и здесь фотометрические методы обладают безусловным преимуществом) показана эффективность этих методов и сделаны важные выводы о характере пятнистой структуры поверхности этих звезд. В частности получены данные о долготном и широтном распределениях, температурном контрасте и площади запятненной части поверхности звезды. Из критических замечаний к диссертации можно сделать лишь одно, носящее скорее пожелание для будущих исследований диссертанта. Наряду с анализом фотометрических данных диссертанту следовало применить развитые методы (хотя бы для одной звезды) к анализу спектральных наблюдений запятненных звезд. Анализ переменности профилей линий запятненных звезд позволяет восстановить структуру поверхности запятненной звезды гораздо более надежно и однозначно по сравнению с анализом фотометрических данных. Тут я в скобках пишу: см. монографию Гончарского, Черепашука, Яголы “Некорректные задачи астрофизики”, Москва, Наука 1985 год, где описаны методы и результаты решения таких задач и даны соответствующие программы на языке ФОРТРАН; к сожалению, в диссертации нет ссылки на эту

монографию. Сделанное замечание не уменьшает ценности проделанной диссертантом работы, которая выполнена на высоком научном уровне и вполне соответствует требованиям, соответствующим кандидатским диссертациям. Результаты, полученные в диссертации, вполне надежны и могут использоваться в САО, ГАИШ, ИНАСАН, ГАО, КрАО и других астрономических учреждениях страны. Автореферат диссертации и опубликованным статьям. Диссертант А.И. Колбин заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук. Моя подпись с печатью – как положено.

Председатель: Спасибо, присаживайтесь. Так, Александр Иванович, замечания, пожелания.

Колбин А.И.: На самом деле, изначально мы ставили задачу доплеровского картирования хотя бы одной звезды. Мы написали коды доплеровской томографии, провели их тестирование – все получилось. Но мы не смогли получить хороший спектральный материал. На Российско-Турецком телескопе РТТ-150 мы получали спектры для двух объектов. Но, к сожалению, в обоих случаях... В первом случае не было достаточного фазового покрытия, во втором случае спектры были сильно зашумлены. Поэтому доплеровское картирование мы не смогли сделать. В будущем, я надеюсь, мы это сделаем. Осенью прошлого года мы получили спектры для двух объектов на телескопе БТА и, я думаю, что мы сможем провести доплеровское картирование этих объектов.

Председатель: Анатолий Михайлович, удовлетворены?

Черепашук А.М.: Но чтобы сослался потом на монографию!

Председатель: Следующий официальный оппонент Дмитрий Олегович Кудрявцев, САО РАН.

Кудрявцев Д.О.: Я отзыв зачитаю. Упущу вступление, где описана цель диссертации. Я считаю, что тема диссертации актуальна, есть новизна методики и полученных результатов.

К решению поставленных задач диссертант подходит тщательно и

последовательно. Полностью ”с нуля” расписывается довольно сложный математический базис применяемых алгоритмов моделирования, включающих решение обратной задачи; подробно рассматриваются вводимые предположения и налагаемые ограничения; проводятся численные тесты, исследуется адекватность восстановления модельной запятненной поверхности с применением искусственного зашумления модельных кривых блеска, анализируется чувствительность алгоритмов к широте пятна и углу наклона звезды к лучу зрения, количеству используемых кривых блеска в различных фильтрах; на примере звезды HD12545 проводится сравнение карт запятненности с полученными ранее по тем же фотометрическим данным, но с использованием другой методики. Методика далее применяется к исследованию ряда объектов, представляющих научный интерес, с различным фотометрическим поведением: вторичный компонент затменно-переменной предкатаклизмической системы DE CVn с присутствием вклада обоих компонентов, одиночный сверхбыстрый ротатор, быстрые ротаторы скопления альфа Персея. При определении входных параметров, необходимых для картирования, автору приходится индивидуально подходить к каждому объекту, использовать различные астрофизические методики, с чем он успешно справляется. Кроме того, диссертант участвовал в наблюдениях и самостоятельно проводил обработку полученного материала.

Таким образом, диссертация является качественным, полным, логично построенным и законченным научным исследованием, реализация которого осуществляется диссертантом начиная с формулировки теоретических основ методики и заканчивая применением ее для решения научных задач. Достоверность результатов основывается на успешном восстановлении модельной поверхности, согласованных результатах картирования двумя разными способами, а также на сравнении с предыдущими исследованиями. Научная, методическая и практическая ценность работы заключается в

картировании поверхности ряда объектов, разработанных методиках картирования, и полученных в наблюдениях кривых блеска нескольких звезд.

Текст диссертации не оставляет сомнений, что автор досконально разбирается в каждом обсуждаемом в аспекте. У оппонента есть лишь несколько общих замечаний.

В первой главе диссертации автор приводит обзор современного состояния проблемы исследований звездных пятен и существующих методик. Пункт “Фотометрическое картирование” выглядит слишком кратким для диссертации, основная часть которой как раз и посвящена данному вопросу. По мнению оппонента здесь стоило бы более детально описать как уже существующие способы фотометрического картирования, так и отличия методики автора от более ранних работ. Эта информация содержится далее в тексте диссертации - например, в начале второй главы приводится подробное описание таких отличий для подхода круглых пятен - однако стоило бы подробнее упомянуть и об отличиях авторской методики разбиения на элементарные площадки от цитируемых диссертантом работ.

В третьей главе автор, пытаясь добиться более четкой картины при восстановлении модельной поверхности, вводит в решение обратной задачи требование контраста пятен, что позволяет в итоге удовлетворительно восстановить исходное модельное пятно. Однако, не до конца понятно, можем ли мы требовать выполнения данного условия (контраст пятна) от реальной звезды с большой площадью пятен, следует ли это из наблюдений или теоретических предпосылок, и как сильно возможное отсутствие контрастности для реального объекта может повлиять на получаемую в методике точность определения положения и размеров пятен.

При картировании объектов автор использует оба разработанных в диссертации подхода - картирование заданным числом круглых пятен и разбиение звезды на площадки без использования начальных предположений о форме и числе пятен, получая в целом согласованные результаты. При этом диссертант считает оба

подхода равноправными: например, при картировании НШ1883, где наблюдается некоторое рассогласование результатов. Не вполне понятно, почему делается это утверждение о равной ценности результатов двух методик: на первый взгляд, заранее заданное число и предполагаемая простая круглая форма пятен автоматически делают этот метод более грубым приближением, чем картирование по элементарным площадкам.

Общее оформление диссертации довольно хорошее - есть ясность изложения, достаточное количество иллюстраций. Отбрасывая небольшие опечатки, неизбежные при наборе большого текста, можно отметить только два момента. При описании многостраничных разделов диссертации, а иногда и целых глав, автор упорно именуется их “параграфами”. К счастью, на самом деле диссертация содержит гораздо более детальное описание подходов и результатов. У рисунков 1.3 и 1.4 одинаковая подпись.

Вышеперечисленные замечания не снижают научной, методической и практической ценности обсуждаемой диссертации. Выносимые на защиту результаты опубликованы в авторитетных научных журналах, входящих в список ВАК, представлены на десяти российских и международных конференциях. Указан значительный личный вклад диссертанта. Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Можно утверждать, что диссертация “Картирование холодных запятанных звезд на основе многополосных фотометрических данных” удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Колбин Александр Иванович, безусловно заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности астрофизика и звездная астрономия.

Председатель: Александр Иванович, отвечайте на замечания.

Колбин А.И.: Я признаю, что в диссертации следовало указать отличия разработанной нами методики от методик, которые предлагают Саванов и Штрассмайер, а также Гармон и Кри. Отличия следующие. Саванов и Штрассмайер картируют звезду в двухтемпературном предположении. Там

считается, что поверхность звезды включает в себя области с температурой, равной температуре фотосферы, и области, температура которых равна температуре пятен. Эти температуры фиксированы. По поверхности ищется распределение так называемого филлинг-фактора, т.е. фактора наполнения площадок пятнами. В нашей работе проводится поиск не распределения филлинг-фактора, а распределения температуры. Кроме того в работах Штрассмайера и Саванова имелись ограничения на многополосность, т.е. (вернее) они использовали в своих работах данные только одной фотометрической полосы, хотя они говорят, что методику можно расширить на множество полос. Что касается работы Гармона и Кри, то основное отличие нашей работы от их состоит в том, что мы используем данные теории звездных атмосфер, а Гармон и Кри используют чернотельное приближение.

Еще было замечание, связанное с тем, что считаем равноправными решения решение с круглыми пятнами и решение с непрерывным температурным распределением. Это связано с тем, что оба распределения одинаково хорошо описывают наблюдаемые кривые блеска. Конечно, в действительности распределение температуры по поверхности звезды должно быть непрерывным, но метод Тихонова может дать слишком гладкое решение и на самом деле возможно, что решение круглых пятен может быть лучше описывает реальность.

Что касается ошибок в тексте, то я должен признать, что они действительно есть.

Председатель: Удовлетворены, Дмитрий Олегович?

Кудрявцев Д.О.: А по поводу контраста пятен?

А, по поводу контраста пятен... В действительности, во всех разработанных фотометрических методах предполагается, что имеется незапятнанная фотосфера с определенной температурой, и пятна, обычно тоже с фиксированной температурой. Конечно, в действительности может быть так, что пятна не контрастные, но мы выбираем наиболее простое решение, в

котором имеется постоянный уровень незапятнанной фотосферы и контрастные пятна. Такие карты легче анализировать. Кроме того, данные доплеровского картирования и затменного картирования говорят о том, что, скорее всего, поверхность звезды представляет собой незапятнанную фотосферу, температура которой практически не меняется, плюс контрастные пятна.

Председатель: Спасибо, присаживайтесь. Теперь переходим к дискуссии. Фабрика, САО.

Фабрика С.Н.: Доброе утро. Я знаком с диссертантом, слышал несколько его докладов на конференциях, в том числе здесь в САО. Мне очень хорошо знакома эта работа и знаком с методами. Я хочу подтвердить, что работа действительно выполнена на очень высоком уровне в рамках именно той задачи, которая была поставлена. Большое спасибо Анатолию Михайловичу, который в очень ярком выступлении очень четко объяснил как именно работают эти методы потому, что диссертант не имел возможности из-за недостатка времени рассказать примерно то же самое. Можно сказать, что работа выполнена достаточно надежно, вполне адекватно и все хорошо. Жалко, что не было ссылки на монографию, что, в общем-то, довольно крупный недостаток с точки зрения диссертационного совета. Но это как раз подтверждает то, что диссертант сам писал все свои статьи, сам писал диссертацию, а научные руководители не смогли должным образом это проконтролировать. Это, вообще говоря, дает ему плюс потому, что далеко не каждый диссертант может похвастаться, что он сам написал все свои статьи. Я хотел бы пожелать диссертанту продолжения этих работ и не только в ключе описания спектральной переменности. Я бы хотел сказать, что кроме пятен, которые можно адекватно описать спектрально, в астрофизике есть существенно более захватывающие области где он бы смог приложить свои таланты. А, действительно, он очень талантливый человек в плане исследования конкретных задач. Поэтому я прошу поддержать наш совет и проголосовать правильно.

Председатель: Романюк, САО.

Романюк И.И.: Тема, которая называется “методы решения обратных задач в астрофизике”, такая, что отечественные ученые занимают лидирующее положение в мире в этом направлении. Я хочу напомнить, что кроме упомянутой монографии у Анатолия Михайловича была монография 78-го года с Яголой и со Степановым.

Disk2, file0001:

Был один раздел, который написала Хохлова, где были методы решения спектральных задач доплеровского картирования. Потом ее ученик Пискунов сделал Допплер-Зеемановское картирование. Эти методы работают, например в физике магнитных звезд. Я помню, что примерно 30 лет назад некоторые сомневались как можно решить некорректно-поставленную задачу. Теперь это общепринято. И то, что отец-основатель – Анатолий Михайлович Черепашук говорит, что с методической точки зрения все хорошо, то давайте мы (ученый совет) согласимся потому, что других специалистов, которые могли бы лучше в этом разобраться у нет. Магнитчики (лаборатория звездного магнетизма, САО), в том числе и Дмитрий Кудрявцев, хорошо знают, что методы картирования работают. Поэтому я призываю совет проголосовать за присуждение искомой степени Колбину Александру Ивановичу.

Председатель: Спасибо, Иосиф Иванович. Следующий Панчук, САО.

Панчук В.Е. : Чтобы не забыть, я присоединяюсь к мнению выступавших и оппонентов о качестве работы. Но хотел бы остановиться на некоторых вопросах, которые могли бы быть затронуты в этой работе, или, т.к. осваивается новое направление, желательно, чтобы в последующих работах они сосредоточились на следующих моментах. Во-первых, это совпадение результатов картирования по фотометрии и спектрофотометрии. Если утверждается, что результаты картирования по информации в полосах, ширина которых различается в три порядка совпадает, то это очень интересное обстоятельство. Там совпадений не должно быть потому, что поведение пятна в

линии и поведение в полосе, скажем 600 ангстрем, физически должны различаться. Поэтому здесь уповать на верификацию спектроскопических методов не приходится. Более того, когда пошли методы восстановления по наблюдениям в отдельных линиях, то мы всегда спрашивали: “покажите то же самое, но в другой линии”. Но тоже самое по другой линии начали показывать только где-то лет через десять. Т.е. там тоже есть свои проблемы. Что касается неудачи на полуторометровом телескопе, то есть архивы Зеемановского картирования на больших телескопах, можно было бы звезду шестой величины фотометрировать и посмотреть (сравнить карты, полученные разными методами), но это рискованное мероприятие.

Теперь светлых и темных пятнах. У них разные законы потемнения пятна к краю или поярчания.

Владимир Михайлович спрашивал об активности. На Моунт Вилсон в восьмидесятые годы стояла программа Престона, был специально построен фотометр в линиях CaII H&K, и проводилось наблюдение карликов ближайших скоплений, модуляций вращения и выделалась составляющая активности. Эта информация тоже могла бы быть анализирована. Тогда еще публиковали наблюдения. На работу Престона в диссертации упоминания нет.

Теперь о зависимости контраста от фазового угла. Вот мы говорим, контрастное–неконтрастное. Контраст пятна от фазового угла меняется. Это тоже первый шаг к астрофизической картине. Понятно, что когда эти методы развивались, количество априорной информации было одно. Теперь оно, астрофизическое, совсем другое. Поэтому методы восстановления получают новую жизнь. Я считаю, что все нормально, торг здесь неуместен, надо присуждать степень.

Председатель: Спасибо, Владимир Евгеньевич. Мингалиев, САО.

Мингалиев М.Г.: Подчеркну следующий момент. Ни для кого из здесь присутствующих актуальность данной работы не вызывает сомнений, о чем было изложено в отзыве ведущей организации, отзыве оппонентов и

иллюстрирует сегодняшнее достаточно подробное и внимательное обсуждение. Исходя из актуальности научными руководителями были сформулированы задачи на эту диссертацию. И, как сегодня было проиллюстрировано, они были прекрасно решены. При решении этих задач диссертант проявил широту, многосторонность своих знаний. Он проводил собственные наблюдения, математическое моделирование, составление программ и, естественно, знание астрофизики по обсуждаемой теме. Работа была достаточно широко апробирована, известна коллегам, представлена на многих конференциях. Были публикации в журналах с высоким импакт-фактором. Естественно, я присоединяюсь ко всем выступавшим, что работа должна быть оценена положительно. Хочу сделать маленькое замечание к изложению автореферата. Не по научным результатам, а по формулировке. Раздел цели и задачи работы зачитаю дословно. Целью работы является разработка методов картирования запятненных звезд, которые извлекают наиболее детальную информацию. Но мы понимаем, что хотел сказать автор. Не методы извлекают, а методы помогают извлечь. Но я призываю членов совета проголосовать за эту работу.

Председатель: Спасибо, Марат Габдулович. Афанасьев, САО.

Афанасьев В.Л.: Я хочу обратить внимание, что задача дискуссии не призывы к членам совета.

По диссертации. Диссертация эта кандидатская. Это начало пути молодого человека или целого направления. Не надо впадать в крайности, говоря, что это величайшее достижение. Но как диссертация, характеризующая уровень работы молодого человека, - это достаточно редкое явление. Нельзя сказать, что здесь открывается новая область науки, это не так. Как сказал академик Сахибуллин, это новое направление, которое развивается в Казани. Но, редко встретишь работу, где человек не просто многосторонне талантлив, но он разумно приложил эти таланты. У нас очень много наблюдателей, которые сначала наблюдают, потом думают. Здесь вполне внятно и четко поставлена задача, четкое исполнение, четкое обоснование. Мне тоже близки методы

восстановления. Я вот правда на Вас не ссылаюсь (на А.М. Черепашука), но на Тихонова я ссылаюсь. И конечно, в этом смысле диссертация производит достаточно сильное впечатление. Производит впечатление самостоятельность, способность человека наблюдать и достаточно быстро анализировать, ну и то, что называется большая мощь – я немножко с ним знаком, разговаривал. Он безусловно заслуживает ученой степени и лично я буду голосовать за него.

Председатель: Спасибо. Еще есть желающие выступить в дискуссии? Нет. Тогда я сделаю краткое пожелание. В САО есть большой интерес к этому виду работ. В частности, было бы очень здорово применить знания и опыт рождающегося специалиста к спектрофотометрическим рядам, которые у нас есть. В частности по изучению и картированию поверхности запятненных звезд. Второе пожелание. У нас есть вид работы, связанный с изучением поверхностей гигантских звезд – Мирид с запятненной поверхностью. Есть исключительно длинные фотометрические ряды для этих звезд, правда периоды совсем другие. Было бы здорово сравнить результаты фотометрического картирования с реальными интерферометрическими наблюдениями, которые мы получаем на нашем телескопе. Это на будущее.

Если нет желающих высказаться по этой теме, тогда слово предоставляется, для ответа на высказанные пожелания, Александру Ивановичу. Пожалуйста.

Колбин А.И.: Мне стоит поблагодарить членов диссертационного совета за изучение диссертации. Также я бы хотел поблагодарить своих научных руководителей Шиманского Владислава Владимировича и Сахибуллина Наиля Абдуловича за всестороннюю поддержку при работе над диссертацией. Кроме того, мне бы хотелось поблагодарить сотрудников САО Борисова Николая Владимировича и Габдеева Максима Маратовича за возможность наблюдении объектов, на основе которых была написана половина диссертации, за помощь в обработке наблюдательного материала. Спасибо!

Председатель: Спасибо. Тогда у нас остается важный вопрос – сделать счетную комиссию. Есть предложение на букву Б: Бескин, Богод, Верходанов. Кто за то,

чтобы избрать комиссию из трех человек - Бескин, Богод, Верходанов, прошу проголосовать. Кто против? Кто воздержался? Один воздержался, в протокол. Таким образом, комиссия избрана. Прошу приступить к работе. Бескин, Богод, Верходанов!

(проводится процедура тайного голосования)

Председатель: Товарищи коллеги! Члены совета! Присаживаемся. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Бескину Григорию Мееровичу.

Бескин Г.М.: Протокол номер 89 заседания счетной комиссии, созданной диссертационным советом Д 002.203.011 17-го апреля 2015 года. Состав счетной комиссии: Бескин Г.М., Богод Б.М., Верходанов О.В. Комиссия вызвана подсчета голосов на тайном голосовании по диссертации Колбина А.И. на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 19 человек, утвержден приказом мин. обр. науки второго сентября 2012 года номер 174. Присутствовало на 16 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации - 15. Роздано бюллетеней – 16, осталось нерозданными – 3, оказалось в урне – 16. Результаты голосования по вопросу присуждения ученой степени кандидата физ.-мат. наук Колбину А.И.: «за» - 16, «против» -0, недействительных бюллетеней – 0. Подписи членов комиссии: Бескин, Богод, Верходанов.

Председатель: Спасибо. Кто за то, чтобы утвердить протокол счетной комиссии? Кто против? Воздержался? Принимается. Можем поздравить соискателя с успешной защитой.

(Члены совета обсуждают проект заключения)

Председатель: Принимается. Кто за такое заключение? Спасибо. Хорошо поработали над заключением. Таким образом, наша сегодняшняя работа закончена. Заключение принимается единогласно в следующей редакции:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.203.01 НА БАЗЕ

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК.

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17 апреля 2015 г. № 89

О присуждении Колбину Александру Ивановичу, Российская Федерация, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Картирование холодных запятанных звезд по многополосным фотометрическим данным» по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия" принята к защите 12 февраля 2015, протокол № 88 диссертационным советом Д002.203.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной Астрофизической Обсерватории Российской академии наук, Российская академия наук, 369167, КЧР, Зеленчукский район, п. Нижний Архыз.

Соискатель Колбин Александр Иванович 1989 года рождения. В 2011 году соискатель окончил Казанский (Приволжский) федеральный университет, работает ассистентом кафедры астрономии и космической геодезии Казанского федерального университета.

Диссертация выполнена на кафедре астрономии и космической геодезии Казанского федерального университета.

Научный руководитель - кандидат физико-математических наук, Шиманский Владислав Владимирович, Казанский федеральный университет, доцент кафедры астрономии и космической геодезии КФУ.

Научный консультант – доктор физико-математических наук Сахибуллин Наиль Абдулович, Казанский федеральный университет, зав. отделением астрофизики и космической геодезии.

Официальные оппоненты:

1. Черепашук Анатолий Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, директор ГАИШ МГУ;
2. Кудрявцев Дмитрий Олегович, кандидат физико-математических наук, Специальная астрофизическая обсерватория РАН, старший научный сотрудник Лаборатории исследований звездного магнетизма;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория, г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, (составленном доктором физико-математических наук, заместителем директора по научной работе Ю.Н. Гнединым) подписанном Ю.А. Наговицыным, доктором физико-математических наук, и.о. директора ГАО РАН, указала, что диссертация является законченным научным исследованием, имеет высокую степень апробации, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия", а ее автор А.И. Колбин заслуживает присуждения ему искомой степени.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ по теме диссертации, среди которых 5 напечатаны в рецензируемых журналах (общим объемом 48 страниц), включенных в перечень ВАК.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. А.И. Колбин, В.В. Шиманский, Н.А. Сахибуллин. "О восстановлении

- структуры поверхности запятненных звезд” // *Астрономический Журнал*. 2013. Т.90. С.598-612.
2. А.И. Колбин, В.В. Шиманский. “Методика численного моделирования кривых блеска запятненных звезд и ее применение к картированию поверхности звезды HIP1883” // *Астрофизический Бюллетень*. 2014. Т.69. С.190-202.
 3. A.I. Kolbin, N.A. Sakhibullin, M.M. Gabdeev. “Multipassband photometric mapping of three fast rotating stars: HIP 1883, AP 86 and AP 226” // *Advances in Space Research*. 2014. V.55. P.808-816.
 4. A.I. Kolbin, V.V. Shimansky. “Spotted Star Mapping by Light Curve Inversion: Tests and Application to HD 12545” // *Bulletin Of the Crimean Astrophysical Observatory*. 2013. V.109. P.35-37.
 5. А.И. Колбин, Н.А. Сахибуллин. “Анализ температурной структуры поверхности запятненных звезд” // *Ученые записки Казанского университета*. 2011. Т.153, С.74-81.

На автореферат отзывы не поступили.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается темой исследования, высокой компетентностью в вопросах, рассматриваемых в диссертационной работе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработан метод многополосного фотометрического картирования запятненных звезд круглыми пятнами, учитывающий данные теории звездных атмосфер;
- разработан метод картирования запятненных звезд, основанный на разбиении звездной поверхности на элементарные площадки и учитывающий данные теории звездных атмосфер;

Предложены новые подходы к картированию звездных поверхностей. Доказана

применимость развитых методов к исследованию структуры поверхности запятненных звезд. Введены критерии выбора параметра регуляризации при восстановлении поверхности звезды методами Тихонова и максимума энтропии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказана эффективность развитых методов картирования. Применительно к проблематике диссертации результативно использованы численные методы решения некорректно-поставленных задач. Изложены методы картирования, учитывающие многополосные фотометрические данные и современные результаты теории звездных атмосфер. Обсуждены условия эффективного применения разработанных методов. Изучена зависимость ошибок определения параметров пятен от характера распределения запятненности и параметров звезды. Проведена модернизация существующих методов исследования запятненности.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработаны и внедрены новые методы анализа кривых блеска запятненных звезд (методы эффективно используются для анализа фотометрических данных холодных запятненных звезд на кафедре астрономии и космической геодезии КФУ), определены пределы их применимости, созданы программные комплексы фотометрического картирования запятненности холодных звезд, представлены результаты фотометрического картирования ряда холодных запятненных звезд (HD 12545, DE CVn, HIP1883, AP86 и AP226). Полученные данные могут быть использованы и в образовательном процессе.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- данные наблюдений получены на телескопах Цейсс-1000 Специальной

астрофизической обсерватории и Российско-Турецком телескопе РТТ-150;

- разработанные методы картирования прошли детальное тестирование на моделях запятанных звезд, а полученные результаты в ряде случаев совпадают с результатами других авторов;
- результаты диссертации апробированы на международных и российских конференциях.

Идея методов картирования звездной поверхности базируется на существующих математических алгоритмах оптимизации и решения некорректно-поставленных задач. Используются фотометрические данные о HD 12545, опубликованные в литературе, установлено качественное и количественное совпадение результатов исследования этой звезды с результатами, опубликованными другими авторами. Используются современные программные пакеты обработки астрономических изображений.

Личный вклад соискателя состоит в его активном участии в постановке и решении задач диссертационной работы. Им были разработаны и реализованы алгоритмы фотометрического картирования, проведено их тестирование. Автору принадлежит выбор объектов исследования, участие в наблюдениях двух исследованных объектов, обработка и анализ наблюдательного материала. Диссертантом был подготовлен текст всех указанных публикаций.

На заседании 17 апреля 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Колбину Александру Ивановичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 15 докторов наук по специальности 01.03.02, участвовавших в 3

заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета



Балега Ю.Ю.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Шолухова О.Н.

17 апреля 2015 г.