

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д501.001.86,**

*созданного на базе Московского государственного университета имени*

*М.В.Ломоносова, по диссертации на соискание ученой степени*

*кандидата наук*

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от **13 октября 2016 г. №139**

О присуждении **Хруслову Антону Валентиновичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

**Диссертация** «Открытие и исследование пульсирующих переменных звёзд с множественной периодичностью»

**по специальности** «01.03.02 - астрофизика и звёздная астрономия»

**принята к защите 16 июня 2016 г., протокол №137**, диссертационным советом Д501.001.86, созданным на базе Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1 (приказы Минобрнауки РФ о полномочиях диссертационного совета от 11.04.2012 №105-нк и 14.11.2013 №677.нк).

Соискатель **Хруслов Антон Валентинович**, 1973 года рождения, в **2011** году окончил Тульский государственный университет.

**Диссертация выполнена в** Институте астрономии Российской академии наук (ИНАСАН).

**Научный руководитель:** *Самусь Николай Николаевич*, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Отдела нестационарных звезд и звездной спектроскопии ИНАСАН, руководитель группы Общего каталога переменных звезд;

## **Официальные оппоненты:**

*Байкова Аниса Талгатовна*, гражданка РФ, доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Главной (Пулковской) астрономической обсерватории Российской академии наук (ГАО РАН);

*Шолухова Ольга Николаевна*, гражданка РФ, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Лаборатории физики звезд Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН);

– дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (КФУ) (г. Казань) в своем положительном заключении, подписанном гражданином РФ, доктором физ.-мат. наук, заведующим кафедрой астрономии и космической геодезии Бикмаевым Ильфаном Фяритовичем, указала, что работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – *Хруслов Антон Валентинович* – заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности «01.03.02 астрофизика и звёздная астрономия». Заключение утвердил проректор по научной деятельности КФУ доктор геолого-минералогических наук **Д. К. Нурғалиев**.

**Соискатель имеет 40** опубликованных работ, в том числе по теме диссертации **40** работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах.

## **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Khruslov A.V. *A search for double-mode pulsating variables*, **Astron. Nachr.** 334, No.8, 866 (2013).
2. Khruslov A.V., Kusakin A.V., Barsukova E.A., Goranskij V.P., Valeev A.F., Samus N.N., *GSC 4560-02157: a new long-period eclipsing cataclysmic variable star*, **Research in Astron. and Astrophys.** 15, 1005 (2015), arXiv:1411.3847v1.
3. Khruslov A.V. *A study of double- and multi-mode RR Lyrae variables*, **Baltic Astron.** 24, 379 (2015), arXiv: 1602.06168v1.

4. Khruslov A.V. *Four New Double-Mode Cepheids, Pulsating in First and Second Overtone Modes*, **Perem. Zvezdy Prilozh.** 9, N 17 (2009).
5. Khruslov A.V. *Three New Double-Mode Variables, Pulsating in First and Second Overtone Modes*, **Perem. Zvezdy Prilozh.** 9, N 31 (2009).
6. Khruslov A.V. *Three New Double-Mode Cepheids, Pulsating in the First and Second Overtone Modes*, **Perem. Zvezdy Prilozh.** 10, N 16 (2010).
7. Khruslov A.V. *New Double-Mode RR Lyrae Variables*, **Perem. Zvezdy** 34, No. 3 (2014).
8. Khruslov A.V. *New Double-Mode RR Lyrae Variables II*, **Perem. Zvezdy** 35, No. 1 (2015).
9. Khruslov A.V. *New Double-Mode RR Lyrae Variables III*, **Perem. Zvezdy** 35, No. 4 (2015).
10. Khruslov A.V. *New RRC variables with an additional non-radial pulsation*, **Perem. Zvezdy** 35, No. 5 (2015).

Из 40 опубликованных работ по теме диссертации 10 выполнены в соавторстве. В совместных работах автором выполнены постановка наблюдательных задач, обработка фотометрических данных, анализ данных электронных фотометрических архивов, поиск множественной периодичности и основная часть интерпретации полученных результатов.

#### **На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

а) *Ведущей организации:*

Диссертационная работа А.В. Хрусова посвящена исследованию радиально и нерадиально пульсирующих звезд с двойной и кратной периодичностью. В сферу интересов автора вошли пульсирующие звезды практически всех известных типов. Наличие пульсаций позволяет определять радиусы звезд, а при наличии двух и более периодов – независимо определять массы звезд. Результаты исследования пульсирующих переменных позволяют решать многие вопросы эволюции звезд.

Таким образом, проблемы, рассматриваемые в диссертации, имеют научную актуальность и практическую значимость.

Диссертация написана четким и ясным языком, хотя обилие изученных объектов несколько затрудняет чтение. Однако не ясно почему практически отсутствует обзор современного состояния проблемы пульсирующих звезд, в т. ч. и достижений теории пульсаций звезд? Вследствие этого, например, трудно понять, каким образом получены значения столь важной для выводов работы величины как отношение периодов пульсаций. Имеются небольшие неточности в обозначениях на графиках. Так символом дельта в ряде случаев обозначены разности звездных величин вида “переменная минус звезда сравнения”, и тут же эта величина дана в смысле амплитуды переменности относительно среднего по периоду значения блеска (см., например, рис. 2.3, 2.4). В разделе 3.3 приведены буквенные обозначения периодов, а пояснение, что это за периоды, появляется только в следующем разделе.

Поскольку при наблюдениях автором использовались разные телескопы, следовало бы в работе привести исследование ошибок каждого из них.

Высказанные замечания являются скорее техническими и не умаляют достоинств диссертации А.В. Хрулова.

В целом диссертационная работа является объемным научным исследованием, основанном на больших фотометрических рядах наблюдений, в т.ч. выполненных автором. В ней рассмотрен широкий круг вопросов, связанных с изучением явления мультипериодичности пульсирующих звезд Галактики, причем вклад А.В. Хрулова в обнаружение и исследование новых звезд в ряде случаев достигает 20% и более от полного числа подобных объектов. Не менее важным результатом следует признать вывод автора о том, что мультипериодичность пульсирующих звезд – явление скорее типичное, чем уникальное.

Результаты работы А.В. Хрулова могут быть использованы в ИНАСАН, ГАИШ МГУ, КФУ, УрФУ, КраО и других российских и зарубежных организациях, в

которых исследуются переменные звезды и связанные с ними проблемы эволюции звезд.

Диссертация “Открытие и исследование пульсирующих переменных звезд с множественной периодичностью” является завершенным научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

б) *д.ф-м.н. Байковой А.Т.:*

Диссертационная работа Хруслова А. В. Посвящена обнаружению и исследованию переменных звезд различного типа с множественной периодичностью. В основном это пульсирующие звезды, у которых могут быть возбуждены несколько как радиальных, так и нерадиальных мод. Хотя множественная, или, мультипериодичность была обнаружена уже давно, на сегодняшний день известно не так много переменных звезд, обладающих этим свойством. Не совсем ясна физика, лежащая в основе этого явления. Так что задача поиска новых переменных звезд с множественной периодичностью, причем в массовом количестве, а также повышения точности фотометрических измерений, позволяющих открывать периодичности высокой кратности, представляется весьма важной и **актуальной**, позволяющей дать большой статистический материал, необходимый для дальнейшего уточнения физической теории пульсирующих звезд. Кроме того, **актуальность** изучения переменных звезд с множественной периодичностью вызвана принципиальной возможностью непосредственной оценки массы звезды, которая является важнейшей астрофизической характеристикой, исходя только из двух измеренных периодов радиальных пульсаций.

**Научная новизна результатов** диссертации преимущественно определяется тем, что открыта множественная периодичность у нескольких сотен пульсирующих переменных звезд как в результате поиска в электронных архивах различных

фотометрических обзоров, так и в результате длительных оригинальных наблюдений, выполненных диссертантом в полосах  $B$ ,  $V$  и  $R$  фотометрической системы Джонсона. Открыта переменность блеска восьми звезд, также обнаруживших множественную периодичность.

Все результаты диссертации, выносимые на защиту, обоснованы. **Достоверность** полученных результатов обеспечивается использованием современных фотометрических данных, обладающих требуемой точностью для проведения исследований на множественную периодичность, проведением высокоточных фотометрических наблюдений, использованием надёжных апробированных программ обработки данных, а также согласием полученных результатов с результатами других авторов в сопоставимых случаях.

Замечания по диссертации:

1. Ни слова не говорится о физической природе пульсаций звезд. Поскольку конечной целью любых астрофизических исследований, состоящих из наблюдения и обработки данных, является физическая интерпретация, то следовало бы хотя бы кратко изложить существующую теорию пульсаций, а также проблемы этой теории в связи с открытием множественной периодичности у многих переменных звезд различного типа.

2. Не раскрыты в полной мере алгоритмы математической обработки данных, которые можно было бы оформить в виде приложения к диссертации. Подробно говорится о том, что сделано, но почти не говорится о том, как это сделано. Поскольку обработка данных является важнейшим аспектом в задаче поиска периодичностей, особенно в случае малых амплитуд обертонов, то было бы правильным дать описание использованных методов и алгоритмов обработки, а также сделать оценку значимости полученных результатов.

3. Не объясняется, откуда берутся частоты взаимодействия. Обычно они являются результатом воздействия нелинейных факторов. Интересен механизм в

данном случае.

4. Складывается впечатление, что диссертант вкладывает разный смысл в понятия множественной периодичности и мультипериодичности. По-моему, это одно и то же. Автор иногда под мультипериодичностью подразумевает даже квазипериодичность. Хотелось бы прояснить терминологические особенности в понимании автора.

5. Не понятно, почему представленный список работ автора в журнале “Переменные звезды” приводится в англоязычном варианте. Ведь в оригинале журнал является русскоязычным.

6. К сожалению, отсутствуют краткие выводы к каждой главе.

Тем не менее, отмечу, что диссертация написана хорошим языком, обстоятельно, с подробным изложением всех необходимых технических деталей наблюдений, снабжена большим количеством иллюстраций кривых блеска и спектров мощности, а также таблиц, в которых отражены результаты обработки. Приводятся параметры найденных пульсаций практически всех исследованных звезд. Диссертант проделал огромную работу по массовому выявлению периодичностей, что имеет **большое научное и практическое значение** для дальнейшей астрофизической интерпретации и уточнения теории пульсирующих звезд, а также для применения во многих других звездно-астрономических задачах. Высказанные замечания носят либо рекомендательный, либо редакционный характер и не влияют на высокую общую оценку работы.

Диссертация Хруслов А.В. “Открытие и исследование пульсирующих переменных звезд с множественной периодичностью” является законченным самостоятельным научным исследованием, выполненным на высоком научном и техническом уровне. Диссертация удовлетворяет всем критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения степени кандидата наук.

в) *к.ф.-м.н. Шолуховой О.Н.*:

Благодаря современным точным обзорам звезд и доступности баз данных и различных наблюдательных архивов появилась возможность выделять и статистически исследовать такие редкие классы звезд, как переменные с двойной и множественной периодичностью. Актуальность всестороннего изучения таких звезд связана с тем, что их изучение предоставляет принципиальную возможность непосредственного определения их масс только на основе найденных для них двух временных интервалов (периодов радиальных пульсаций). Кроме того, этот класс переменных недостаточно изучен, для некоторых типов звезд с двойной и множественной периодичностью пока известно всего лишь несколько относимых к ним звезд.

**Научная и практическая значимость основных результатов и выводов диссертации.** Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы для статистических исследований разных типов пульсирующих переменных звезд, сравнения их характеристик с подобными объектами в других галактиках. А также для уточнения теории пульсирующих переменных звезд. Некоторые объекты исследования требуют дальнейшего спектрального изучения для уточнения их природы.

**Оценка диссертационной работы в целом.** Данная диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Замечания к диссертационной работе сводятся к следующим, и носят рекомендательный характер.

1. Автору следовало уделить некоторое внимание, хотя бы в краткой форме, описанию физических процессов, приводящих к пульсациям в исследуемых звездах.
2. В **актуальности** диссертационной работы и в монографиях, посвященных переменным звездам, сказано, что изучение звезд с двойной и множественной периодичностью предоставляет принципиальную возможность непосредственного



определения их масс только на основе найденных для них двух временных интервалов (периодов радиальных пульсаций). Однако автор не приводит оценок ни масс, ни радиусов изучаемых звезд, что казалось бы логичным продолжением и обобщением его работы.

3. При сравнении диаграмм Петерсена для 10/20 цефеид Галактики и БМО автор выявил их заметное отличие друг от друга. Однако вывод о том, что оно вызвано различием металличности двух Галактик мне кажется не аргументированным.

4. Как пожелание к дальнейшей работе в этом направлении, хотелось бы предложить автору расширить область поиска и изучения звезд с двойной и множественной периодичностью на ближайшие галактики М31 и М33, а также интегрировать результаты в доступные базы данных и каталоги в сети интернет.

Высказанные замечания ни в коем случае не снижают ценности выполненной диссертационной работы. Результаты диссертации опубликованы в достаточном количестве статей. В работах, написанных в соавторстве, личный вклад соискателя четко обозначен. Считаю, что диссертация А.В. Хруслова удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией и большим опытом работы в области астрофизики, звездной астрономии, а также изучения переменных звезд.**

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

- **Обнаружена** двойная периодичность 255 переменных звезд, пульсирующих радиально в основной моде и первом оберitone (из которых 17 HADS(B), 235 RR(B) и 3 цефеиды), 19 переменных, пульсирующих в первом и втором обертонах (из которых 3 HADS(B), 16 цефеид), двух переменных типа  $\delta$

Щита, пульсирующих в трёх модах (F/1O/2O), двух звезд типа  $\delta$  Щита предположительно второго и третьего обертонов (2O/3O), 13 малоамплитудных мультипериодических переменных типа  $\delta$  Щита с нерадиальными пульсациями, двух HADS звезд и 17 RRC звезд с одной дополнительной нерадиальной модой, шести RRC звезд с двумя нерадиальными пульсациями (эквидистантных триплетов).

- **Открыта** переменность блеска 8 переменных звезд, показывающих явление двойной и множественной периодичности: QX Cam, QS Dra, V1285 Her, V542 Cam, USNO-B1.0 1329-0132547, V1277 Cas, USNO-B1.0 1465-0053628, GSC 4560–02157.
- **Обнаружена** переменная типа RR Лиры, USNO-B1.0 1171-0309158, изменившая моду пульсаций, ранее пульсировавшая в основной моде и первом обертоне и в самое последнее время прекратившая пульсации в первом обертоне и значительно увеличившая амплитуду основной моды, в результате чего изменился тип переменной с RR(B) на RRAB.
- **Впервые сделан вывод** о бимодальном характере распределения по периодам F/1O RR(B)-звезд галактического поля и о возможной его связи с классами Оостерхофа шаровых скоплений.
- **Впервые построена** диаграмма Петерсена для цефеид первого и второго обертонов Галактики, выявлено заметное ее отличие от диаграммы Петерсена для 1O/2O цефеид Магеллановых облаков, вызванное, вероятно, различием металличности цефеид двух галактик.
- **Открыта** переменность GSC 4560–02157, затменной катаклизмической переменной, у которой обнаружены накладывающиеся на изменчивую затменную кривую блеска мультипериодические (либо квазипериодические) колебания с коротким периодом (менее часа).

**Теоретическая значимость исследования** определяется также наблюдательным выявлением закономерностей, требующих дальнейшей проработки и интерпретации теорией звездных пульсаций.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** основывается на детальном исследовании ряда сложных для интерпретации и каталогизации переменных звезд, что имеет весьма большое значение для проводимых в нашей стране работ по составлению и обновлению Общего каталога переменных звезд и каталогов звезд, заподозренных в переменности блеска. Результаты исследования позволяют также осуществить отбор наиболее перспективных объектов для дальнейших наблюдений.

**Достоверность результатов диссертации основана на:** трех публикациях в рецензируемых журналах из списка ВАК/WoS и 37 публикациях, полностью отраженных в международных библиографических базах данных; представлении результатов работы (в том числе устных докладов) на четырех всероссийских и международных конференциях и пяти семинарах ГАИШ и ИНАСАН; подтверждении результатов автора при дальнейшей работе над Общим каталогом переменных звезд, а также в ряде статей независимых исследователей; использовании проверенного практикой исследователей переменных звезд программного обеспечения.

**Личный вклад автора** состоит в полностью самостоятельно проведенном отборе звезд, их исследовании как по наблюдениям, представленным в доступных интернет-архивах, так и полученных самим автором, в основном проведенных диссертантом самостоятельно, обработке и анализе наблюдений, их интерпретации.

В целом работа А.В. Хрулова представляет собой законченное исследование пульсационных мод большого числа выявленных им переменных звезд с множественной периодичностью, дающее исследователям огромный материал для дальнейшей интерпретации и для развития теории звездных пульсаций.

На заседании **13 октября 2016 г.** Диссертационный совет принял решение присудить Хрулову А.В. ученую степень *кандидата физ.-мат. наук.*

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **18** человек, из них **12** докторов наук по специальности **01.03.02**, участвовавших в заседании, из **24** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - **18**, против - **0**, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель

Диссертационного совета

А.М.Черепашук

Ученый секретарь

Диссертационного совета

С.О.Алексеев

13 октября 2016 года