

## ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Хруслова Антона Валентиновича “Открытие и исследование пульсирующих переменных звезд с множественной периодичностью”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия

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. Отличительной особенностью фазовых кривых блеска таких звезд является значительное рассеяние точек, которое не объясняется ошибками наблюдений. Этот признак и лежит в основе выявления звезд с мультипериодичностью. 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.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Она изложена на 126 страницах, включает 29 таблиц и 49 рисунков, список литературы содержит 105 наименований.

Для решения поставленных в работе задач по обнаружению и исследованию переменных звезд использованы фотометрические данные из доступных автоматизированных электронных обзоров: The All Sky Automated Survey (ASAS), Northern Sky Variability Survey (NSVS), Super Wide Angle Search for Planets (SWASP), Lincoln Near-Earth Asteroid Research (LINEAR), Catalina Real-Time Transient Survey (CRTS), а также проведены оригинальные ПЗС-наблюдения на инструментах Тянь-Шаньской АО Астрофизического института им. В. Г. Фесенкова. Описанию данных из архивов перечисленных обзоров, а также <sup>\*</sup> описанию инструментов, на



которых проводились ПЗС-наблюдения, посвящена первая глава диссертации. Поиск множественной периодичности диссертант осуществлял с использованием программы WINEFK В. П. Горанского.

Типы переменных звезд, изученных диссертантом, предопределили дальнейшую структуру и содержание диссертации. Так, вторая глава диссертации посвящена поиску множественной периодичности пульсирующих звезд типа  $\delta$  Щита, третья глава – звезд типа RR Лиры, четвертая глава – поиску двойной периодичности цефеид и, наконец, пятая глава – поиску периодичностей в пульсирующих звездах в затменных системах, а также катаклизмической системе.

**Сущность полученных результатов.** Диссертантом найдено 17 звезд типа HADS (High-Amplitude Delta Scuti Star)  $\delta$  Щита, пульсирующих в основной моде и первом оберitone. Для трех звезд (V1392 Tau, QS Dra, USNO-B1.0 1329-0132547) были выполнены ПЗС наблюдения. Найдена двойная периодичность трех HADS(B) звезд, пульсирующих в первом и втором обертонах, выявлены две звезды, пульсирующие в трех модах (основной, первом и втором обертонах), а также выявлены две звезды, с большой вероятностью пульсирующие во втором и третьем обертонах. Построена диаграмма Петерсена для HADS(B) звезд. Кроме того, были открыты две HADS звезды с дополнительной нерадиальной пульсацией и мультипериодические звезды DSCTC с малыми амплитудами колебаний.

Диссертанту, начиная с 2007 года, удалось найти в электронных архивах 235 звезд типа RR Лиры с двойной периодичностью пульсаций в основной моде и первом оберitone. Построена диаграмма Петерсена почти для всех известных звезд типа RR(B) Лиры с двойной периодичностью, при этом более подробно рассмотрены два случая с экстремальными периодами. Построено распределение звезд по периодам. Количество использованных звезд оказалась достаточным, чтобы выявить бимодальный характер распределения с максимумами в точках 0.48 и 0.54 суток, чего не удавалось сделать ранее. Обнаружено изменение моды звезды USNO-B1.0 1171-0309158, пульсировавшей ранее в основной моде и первом оберitone и в самое последнее время прекратившей пульсации в первом оберitone (RR(B)  $\rightarrow$  RRAB). Обнаружены 17 звезд типа RRC с пульсацией в основной моде и с одной дополнительной нерадиальной пульсацией, частота которой близка частоте первого обертона, и 6 звезд с двумя дополнительными нерадиальными модами (эквидистантных триплетов).

Обнаружена двойная периодичность трех цефеид основной моды и первого обертона, 16 цефеид первого и второго обертонов, две цефеиды первого и второго обертонов (GSC 2901-00089 и V470 Cas) были подробно изучены по ПЗС наблюдениям. Построена диаграмма Петерсена для всех известных цефеид Cep(B) Галактики с двойной периодичностью. Отмечено существенное различие полученной диаграммы от диаграммы Петерсена для



цефеид БМО, которое может быть объяснено различием металличности звезд, входящих в эти две системы.

Обнаружена двойная периодичность у двух пульсирующих переменных звезд в затменных системах: GSC 1374-01131 и V1135 Her. По данным проведенных ПЗС-наблюдений уточнены элементы пульсирующей и затменной компонент блеска системы GSC 1374-01131. По данным NSVS и ASAS найдены пульсационная и затменная составляющие V1135 Her. Проведены ПЗС-наблюдения GSC 4560-02157, затменной катаклизмической переменной. Подтверждена принадлежность переменной V592 Cen к типу RV Tauri (RVb), найдены элементы основного и вторичного колебаний.

**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 (QX Cam, QS Dra, V1285 Her, V542 Cam, USNO-B1.0 1329-0132547, V1277 Cas, USNO-B1.0 1465-0053628, GSC 4560-02157), также обнаруживших множественную переменность. Кроме того, к новым относятся следующие интересные результаты: а) обнаружено в архивных данных и подтверждено собственными наблюдениями изменение моды пульсаций переменной звезды типа RR Лиры USNO-B1.0 1171-0309158: RR(B)  $\rightarrow$  RRAB; б) выявлен бимодальный характер распределения по периодам звезд галактического поля типа RR(B) с двойной периодичностью F/10 и сделан вывод о возможной его связи с классами Оостерхофа шаровых скоплений; в) впервые построена диаграмма Петерсена для цефеид Галактики первого и второго обертонов и дано сравнение с аналогичной диаграммой для цефеид Магеллановых облаков.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, а также их достоверность.** 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 надежных 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.



**Полнота представления результатов.** Вся информация об открытых и исследованных звездах нашла отражение в 42 научных статьях, из которых подавляющее большинство опубликовано либо в журнале “Переменные звезды” (9 статей) либо в Приложении к нему (28 статей), входящем в список ВАК. По одной работе опубликовано в журналах *Baltic Astronomy*, *Astronomische Nachrichten* и *Research in Astronomy and Astrophysics*. Результаты диссертации неоднократно докладывались на научных семинарах ИНАСАН и ГАИШ МГУ, а также российских и международных астрономических конференциях. Большинство публикаций диссертанта выполнено без соавторов. В немногочисленных публикациях, написанных в соавторстве, личный вклад соискателя четко обозначен. **Автореферат** правильно отражает содержание диссертации.

**Заключение.** Все вышеизложенное позволяет заключить, что диссертация Хруслова Антона Валентиновича “Открытие и исследование пульсирующих переменных звезд с множественной периодичностью” является законченным самостоятельным исследованием, выполненным на высоком научном и техническом уровне. Диссертация удовлетворяет всем критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения степени кандидата наук, а ее автор Хруслов Антон Валентинович, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия.

Официальный оппонент

Байкова Аниса Талгатовна

доктор физико-математических наук, с.н.с.

01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия

Главный научный сотрудник лаборатории\*  
динамики Галактики

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

Российской академии наук

196140, г. Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, д.65, кор.1.

Тел. (812) 363 72 07, электронная почта [bajkova@gao.spb.ru](mailto:bajkova@gao.spb.ru),  
[anisabajkova@rambler.ru](mailto:anisabajkova@rambler.ru).

19 сентября 2016 г.

Подпись А.Т. Байковой удостоверяю,  
ученый секретарь ГАО РАН,  
кандидат физ.-мат. наук



Т.П. Борисевич