

ВОСЕМЬ НОВЫХ ЗАТМЕННО-ДВОЙНЫХ СИСТЕМ В СОЗВЕЗДИИ КАССИОПЕИ

Несмотря на близость промышленных предприятий, культурных и спортивных сооружений, незамерзающий Енисей, оживленный проспект с его иллюминацией, в обсерватории Сибирского государственного аэрокосмического университета (СибГАУ) получен наблюдательный материал, по которому удалось открыть и исследовать восемь новых затменно-переменных звезд в созвездии Кассиопеи. Идентификационные номера звезд по каталогу USNO-A2.0: 1425-379853, 1425-413000, 1425-243950, 1425-458499, 1425-207145, 1425-238265, 1425-424072, 1425-364307. Для поиска использовалась методика, основанная на том, что переменные звезды выпадают из общей зависимости среднеквадратического отклонения фотометрических измерений блеска звезд.

Ключевые слова: переменная звезда, затменно-переменные системы, астрономия, фотометрия, наблюдения.

Переменные звезды – это звезды, видимый блеск которых изменяется в течение времени. Многочисленные известные типы переменных звезд могут быть объединены в два больших класса – физические переменные звезды и затменные двойные системы. У первых причиной изменения блеска являются физические процессы в недрах или на поверхности звезды. У вторых блеск меняется вследствие затмений одной звезды другой.

Исследуя изменение блеска звезд, можно определить характер изменчивости и в результате определить, к какому типу относится данная переменная звезда. Знание типа изменчивости во многих случаях позволяет на основе фотометрических наблюдений оценить основные физические параметры звезды: массу, светимость, возраст, а у затменных переменных – параметры двойной системы.

Таким образом, переменные звезды дают достаточно много информации. Чем больше переменных звезд мы откроем в разных направлениях и на разном расстоянии, тем лучше будем знать нашу Галактику – Млечный Путь. Среди тысяч новых переменных наверняка окажутся интересные для астрофизики двойные системы с перетеканием вещества от одной звезды к другой, а также объекты, причину изменчивости блеска которых мы понимаем пока не до конца.

Благодаря интенсивному развитию электронно-вычислительной техники, компьютерных технологий и методов обработки в последние десятилетия повысилась эффективность получения информации не только на основе новых наблюдений, но и по архивным данным. В обсерваториях мира накоплены сотни тысяч фотографий звездного неба (прямых и спектральных). Начата реализация проектов по оцифровке накопленных фототек. По оцифрованным фототекам производится поиск переменных звезд [1].

Во избежание недоразумений следует отметить, что слово «новая» в словосочетании «новая переменная звезда» относится к слову «переменная», а не к слову «звезда». Другими словами, когда говорится «обнаружена новая переменная звезда», то подразумевается, что «обнаружена изменчивость блеска у известной звезды, считавшейся ранее не переменной».

Поиск новых переменных звезд проводился в поле площадью $2,3 \times 2,3^\circ$ с координатами центра кадра $\alpha = 00^h 15^m 00^s$, $\delta = 54^\circ 40' 00''$ (J2000,0) в созвездии Кассиопеи. Всего за период наблюдений, с конца августа по начало ноября 2010 года, было получено около 1 500 ПЗС-изображений в интегральном свете. Наблюдения проводились в обсерватории СибГАУ при помощи телескопа-рефлектора с апертурой 400 мм и фокусным расстоянием 915 мм. В качестве светоприемного устройства использовалась ПЗС-матрица FLI ML 9 000. Масштаб изображения на матрице составляет 2,7"/пиксель.

Следует обратить особое внимание на обусловленное существующей инфраструктурой неблагоприятное расположение места наблюдений. Обсерватория расположена на крыше корпуса «П» СибГАУ. Тепловые потоки от здания и кондиционеров значительно ухудшают качество изображения. Находящиеся поблизости с корпусом промышленные предприятия, действующий стадион (на расстоянии ~700 м), незамерзающий Енисей (~1 000 м) и проспект Красноярский рабочий с оживленным движением и рекламной иллюминацией увеличивают световое и аэрозольное загрязнение. Это, в свою очередь, негативно сказывается на качестве фотометрии астрономических объектов [2].

Для экстремальных городских условий, в которых находится учебная обсерватория СибГАУ, эмпирическим путем была определена оптимальная экспозиция, которая составила 30 с. При увеличении экспозиции предельная звездная величина, фиксируемая на снимках, оставалась неизменной и составляла $\sim 16^m$.

Полученные снимки подвергались первичной обработке (учет темновых токов и плоского поля) и затем тщательно отбирались на предмет удовлетворительного качества.

С учетом того, что один снимок имеет объем примерно 18 248 Кб, полный объем 1 500 изображений составляет ~26 Гб. Оперировать такими объемами информации довольно сложно, поэтому для ускорения поиска новых переменных звезд была сделана выборка 20 снимков с приблизительно равными временными интервалами между ними, охватывающая 5 ч непрерывных наблюдений. Естественно, что такая

выборка обеспечит хорошее фотометрическое покрытие кривой блеска лишь для переменных звезд с периодом, соизмеримым с длительностью серии наблюдений (в нашем случае – 5 ч). Поле $2,3 \times 2,3^\circ$ было разделено на 36 взаимно перекрывающихся площадок размером $23 \times 23'$. В каждой площадке поиск переменных звезд проводился отдельно.

Для поиска переменных звезд использовалась программа CMunipack [3]. На электронных изображениях программа отыскивает звезды и проводит их фотометрию в условных величинах. Для каждого изображения создается файл со списком звезд, упорядоченным по убыванию блеска; их координаты выражены в пикселах. Далее исследователь выбирает опорный кадр (reference frame), и программа осуществляет отождествление звезд, найденных на разных кадрах. При активировании функции «поиск переменных звезд» строится график зависимости среднеквадратичного отклонения инструментальной звездной величины от величины на опорном кадре и блеска звезды. Поскольку ошибка фотометрии для слабых звезд больше, чем для ярких, отклонения плавно растут в сторону слабых звезд, а возможные переменные звезды расположены вне общего распределения, поскольку их блеск отличается от кадра к кадру не только из-за ошибок, но и из-за реальной переменности. Объекты, расположенные вне общего распределения, исследователь анализирует поштучно, выявляя звезды с явной переменностью. Далее, проводится проверка, не являются ли обнаруженные переменные объекты уже известными и внесенными в каталоги. Для этого проводится сравнение с базами данных Общего каталога переменных звезд (ОКПЗ [4]) и Международного регистра переменных звезд VSX (The International Variable Star Index [5]). Окончательная фотометрия найденных новых переменных звезд проводилась в программе MaxIm DL; для исследования их периодичности применялась программа «Эффект» В. П. Горанского [6].

В пределах рассматриваемой площадки в созвездии Кассиопеи, используя выборку снимков, описанную выше, мы обнаружили восемь новых переменных звезд (см. таблицу). В таблице указаны координаты J2000,0, идентификация переменных звезд с каталогом USNO-A2.0, найденные типы переменности, звездные величины в максимуме и минимуме блеска

(в инструментальной системе), эпоха минимума блеска и период изменения блеска.

Фазовые кривые блеска новых периодических переменных (см. таблицу) показаны на рис. 1–8. Все новые переменные звезды являются затменными.

Новая переменная звезда с идентификационным номером 1 425–379 853 по каталогу USNO-A2.0 является звездой типа Алголя (β Персея; тип ЕА по ОКПЗ). К этому типу относятся затменные двойные звезды со сферическими или слегка эллипсоидальными компонентами; кривая блеска позволяет фиксировать моменты начала и конца затмений (рис. 1). В промежутках между затмениями блеск остается почти постоянным или меняется не очень сильно, вследствие эффектов отражения, небольшой эллипсоидальности компонентов или физических изменений. Вторичный минимум у звезд с данным типом переменности наблюдается не всегда. Периоды изменения блеска переменных звезд типа ЕА заключены в очень широких пределах – от 0,2 и менее суток до 10 000 и более суток; амплитуды изменения блеска весьма различаются и могут достигать нескольких величин [7].

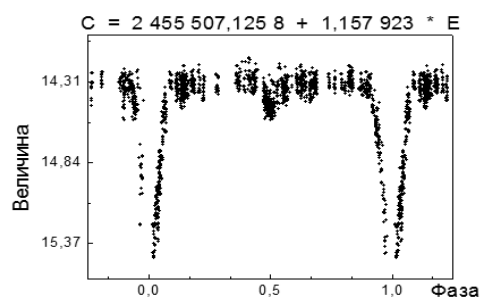


Рис. 1. Фазовая кривая блеска переменной звезды типа ЕА (номер звезды по каталогу USNO-A2.0 1 425–379 853)

Звезды USNO-A2.0 1 425–413 000 и 1 425–243 950, как оказалось, имеют переменность типа ЕВ (прототип β Лирь). Это затменные двойные с эллипсоидальными компонентами, обладающие кривыми блеска, звезды не позволяют фиксировать моменты начала или конца затмений (вследствие непрерывного изменения видимого суммарного блеска системы в промежутках между затмениями); наблюдается вторичный минимум, глубина которого существенно меньше глубины главного минимума (рис. 2).

Новые затменно-переменные системы в Кассиопее

№	USNO-A2.0	α (J 2000)	δ (J 2000)	Тип	Max	Min	Min II	Эпоха (JD 24...)	P, сут
1	1 425–379 853	00 ^h 16 ^m 02 ^s ,53	53° 54' 20",0	ЕА	14 ^m ,30	< 15 ^m ,40	14 ^m ,50	55 507,125 8	1,157 923
2	1 425–413 000	00 ^h 17 ^m 30 ^s ,24	55° 11' 15",5	ЕВ	13 ^m ,50	< 14 ^m ,15	13 ^m ,73	55 513,176 0	0,893 597
3	1 425–243 950	00 ^h 00 ^m 58 ^s ,70	55° 28' 50",3	ЕВ	15 ^m ,00	15 ^m ,85	15 ^m ,25	55 402,056 3	0,518 207
4	1 425–458 499	00 ^h 19 ^m 29 ^s ,89	53° 39' 58",5	ЕW	13 ^m ,25	13 ^m ,75	13 ^m ,70	55 507,142 2	0,379 904
5	1 425–207 145	00 ^h 08 ^m 23 ^s ,94	55° 28' 12",7	ЕW	14 ^m ,90	15 ^m ,25	15 ^m ,20	55 402,263 2	0,891 133
6	1 425–238 265	00 ^h 09 ^m 43 ^s ,95	54° 51' 32",2	ЕW	13 ^m ,15	13 ^m ,42	13 ^m ,42	55 401,961 3	0,568 957
7	1 425–424 072	00 ^h 17 ^m 58 ^s ,73	55° 37' 43",6	ЕW	14 ^m ,30	14 ^m ,75	14 ^m ,75	55 400,587 1	0,369 606
8	1 425–364 307	00 ^h 15 ^m 20 ^s ,91	53° 42' 49",6	ЕW	13 ^m ,30	< 13 ^m ,80	13 ^m ,74	55 507,272 0	0,334 240

Звезды с переменностью типа ЕВ имеют периоды преимущественно больше 1^d (глубина минимумов может быть почти одинаковой), компоненты обычно ранних спектральных классов В–А. При периодах меньше 1^d минимумы разной глубины и компоненты по своему составу родственны затменным типа EW и состоят из звезд спектральных классов F–G–K. Амплитуды изменения блеска обычно меньше $2^m V$ [7].

Звезды по USNO-A2.0: 1 425–458 499, 1 425–207 145, 1 425–238 265, 1 425–424 072 и 1 425–364 307 показывают переменность типа EW (прототип *W Большой Медведицы*). Это затменно-двойные с периодами

меньше 1^d , состоящие из почти соприкасающихся эллипсоидальных компонентов и обладающие кривыми блеска, не позволяющими фиксировать моменты начала и конца затмений; глубины главного и вторичного минимумов почти одинаковы или различаются незначительно (рис. 3).

Амплитуды изменения блеска обычно меньше $0,8^m V$. Спектральные классы компонентов обычно F–G или более поздние [7].

Новые переменные звезды имеют периоды, соизмеримые с интервалом наблюдений, из которого была произведена выборка ПЗС-изображений для поиска.

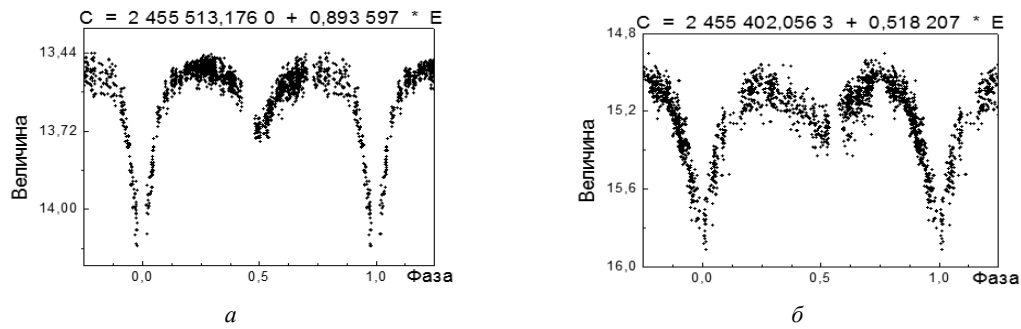


Рис. 2. Фазовые кривые блеска переменных звезд типа ЕВ (номера звезд по каталогу USNO-A2.0: 1 425–413 000 (а) и 1 425–243 950 (б))

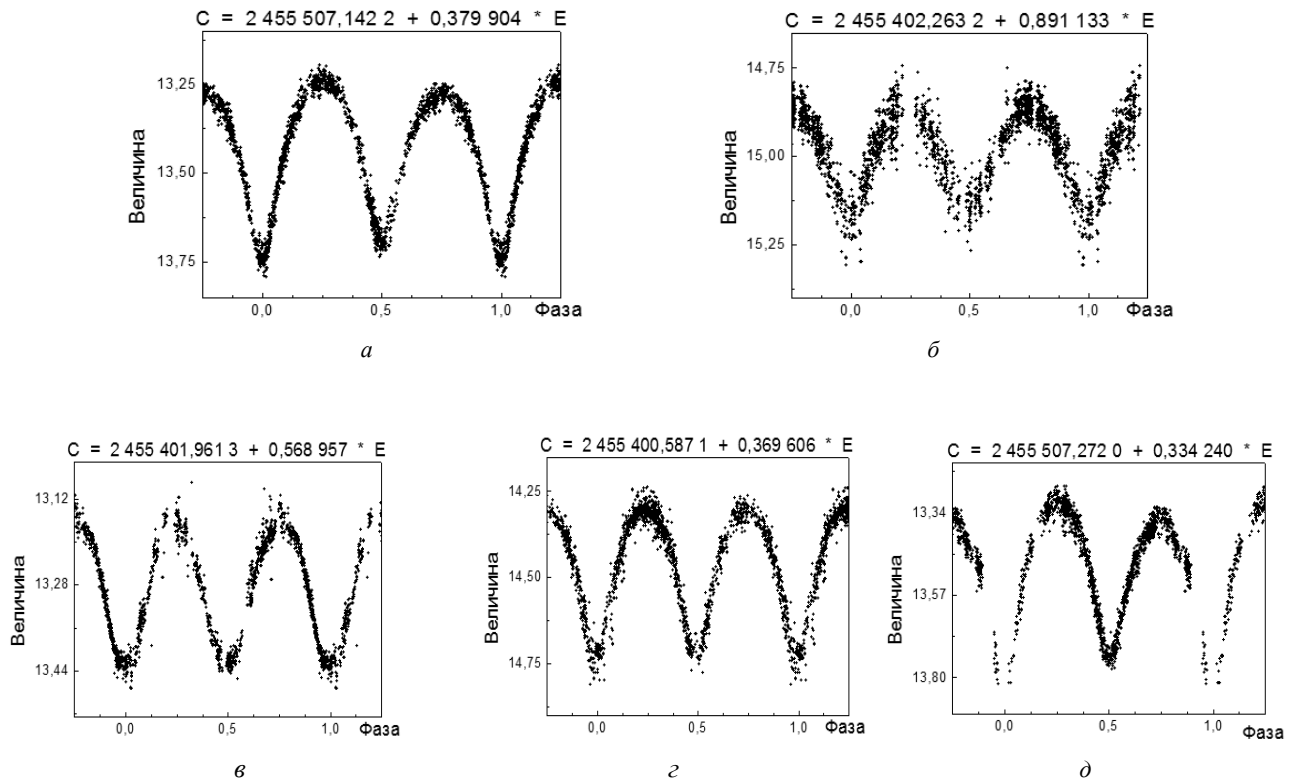


Рис. 3. Фазовые кривые блеска переменных звезд типа EW (номера звезд по каталогу USNO-A2.0: 1 425–458 499 (а), 1 425–207 145 (б), 1 425–238 265 (в), 1 425–424 072 (г), 1 425–364 307 (д))

Мы предполагаем использовать выборку снимков, охватывающую больший временной промежуток, для поиска переменных звезд с большими периодами в данном поле.

В результате проведенной работы получен наблюдательный материал, выбрана и апробирована на практике методика поиска переменных звезд в условиях города, выявлено и исследовано восемь новых переменных звезд: определены типы переменности, периоды изменения блеска, максимумы и минимумы, начальные эпохи. В дальнейшем методика, описанная выше, будет использоваться для поиска новых переменных звезд в обсерватории СибГАУ.

Библиографические ссылки

1. Новые переменные звезды на оцифрованных пластинках московской фототеки. Поле 66 Змееносца / Д. М. Колесникова, Л. А. Сат, К. В. Соколовский и др. *Астрономический журнал*. 2010. Т. 87, № 11. С. 1087–1105.
2. Миронов А. В. Прецизионная фотометрия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1211924>.

3. C-MUNIPACK, Package of software utilities for reducing astronomy CCD images intended on a observation of variable stars [Электронный ресурс]. URL: <http://c-munipack.sourceforge.net/>.

4. Общий каталог переменных звезд [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sai.msu.ru/groups/cluster/gcvs/cgi-bin/search.htm>.

5. The International Variable Star Index [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aavso.org/vsx/index.php>.

6. Горанский В. П. WinEfK. Программа поиска периодов переменных звезд (методы Лафлера–Кинмана, Диминга, построения кривых блеска и т. д.) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.variablestars.ru/FILES/winefk.rar>.

7. Классификация переменных звезд в соответствии с IV изданием ОКПЗ [Электронный ресурс]. URL: http://variablestars.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=72&Itemid=61#5.

8. Гофмейстер К., Рихтер Г., Венцель В. Переменные звезды : пер. с нем., М., 1990.

9. Самусь Н. Н. Переменные звезды : учеб. пособие [Электронный ресурс]. URL: <http://heritage.sai.msu.ru/ucheb/Samus/>.

S. A. Veselkov, E. G. Lapukhin, N. N. Samus

EIGHT NEW ECLIPSING BINARY SYSTEMS IN CASSIOPEIA

Despite closely located industrial enterprises, cultural and sports facilities, the never-freezing Yenisei, a brisk avenue with its illumination, we were able to discover and study eight new eclipsing binary system in Cassiopeia using observations acquired at the new SibSAU observatory.

Keywords: variable star, eclipsing binaries system, astronomy, photometry, observation.

© Веселков С. А., Лапухин Е. Г., Самусь Н. Н., 2011

УДК. 621.454.2

А. Г. Воробьев, И. Н. Боровик, С. Ха

РАЗРАБОТКА ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ МАЛОЙ ТЯГИ, РАБОТАЮЩЕГО НА ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА И КЕРОСИНЕ

Дается описание конструкции жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) малой тяги, работающего на перекиси водорода и керосине. Приведены основные технические характеристики, представлены результаты гидравлических испытаний.

Ключевые слова: ЖРД малых тяг, перекись водорода.

Использование высококонцентрированной перекиси водорода (ВПВ) в ракетных двигателях как монотоплива началось в 30-х гг. 20 в. в Германии. Это направление активно используется до настоящего времени в двигателях РД-107, РД-108 и их последующих модификациях на ракетносителях (РН) «Восток», «Союз» и другие. Дальнейшие разработки ракетных двигателей различного назначения с использованием ВПВ как монотоплива, а также двух-

компонентного топлива ВПВ + керосин продолжают в настоящее время [4; 5].

К новым задачам относится разработка ЖРД тягой 500 Н, работающего на компонентах ВПВ и керосине, которая осуществлялась по контракту между Московским авиационным институтом (МАИ) и Чунгнамским национальным университетом (Южная Корея). Решение этой задачи базировалось на опыте создания в МАИ на кафедре «Ракетные двигатели» жидкостного ракетного двигателя (ЖРДМТ) с тягой 200 Н [1–3].