

Нестационарные явления в затменных двойных разделенных системах главной последовательности

Р. А. Боцула

Исследованы на нестационарность 278 фотозлектрических кривых блеска 73 затменных двойных разделенных систем главной последовательности. Выделены 9 типов нестационарности. Дается описание этих типов. На основе сопоставления фотометрических, спектральных, поляризационных, рентгеновских и радио-наблюдений обсуждаются возможные причины их возникновения. Показано, что характер и причины нестационарности меняются со спектрами компонентов вдоль главной последовательности. По крайней мере 4 типа можно объяснить присутствием в системах околозвездной материи. Количество ее, по-видимому, увеличивается со степенью близости компонентов, а расположение в системе в основном одинаково для всех спектров и всех степеней близости, несколько усложняясь для самых тесных систем. Верхняя граница электронной плотности околозвездного вещества при полной его ионизации $\sim 10^{12}$ эд./см³. У самых тесных систем с компонентами солнечного типа возникают "вспышки", амплитуда которых не зависит от длины волны. Отсутствие нестационарности у систем с обоими компонентами спектра F при очень больших наблюдаемом рентгеновском и вычисленном акустическом потоках противоречит суждению о том, что в F-звездах магнитное поле генерируется механизмом динамо типа солнечного. Нестационарность свидетельствует о некоторой неоднородности условий рождения или развития разделенных систем главной последовательности.

Nonstationary Phenomena in Main Sequence Detached Eclipsing Binaries

by R. A. Botsula

278 photoelectric light curves of 73 main sequence detached eclipsing binaries are analysed for the existence of irregularities. 9 types of nonstationary states were distinguished. The description of these types is given with the discussion on their possible origin, based on the examination of their spectral, polarization, X-ray and radio observations. It is shown that the type of the nonstationary phenomena is modified with components spectra along the main sequence. At least four of the types may be explained by the existence of the circumstellar matter in the systems. Its amount increases with the rate of components proximity. Its distribution in the system is almost the same for all spectra and all rates of components proximity and becomes more complicated for the closest systems only.

This matter has electron density upper limit $\sim 10^{12}$ el./cm³ if it is ionised totally. The flares, the amplitude of which does not depend on wavelength, arise in the closest systems with solar type components. The absence of nonstationary phenomena for the systems with components of spectral type F contradicts the large X-ray and acoustic fluxes of the F-stars, if solar dynamo operated in these stars. Nonstationary states suggest that some inhomogeneous birth conditions and evolution of main sequence detached close binaries exists.

ВВЕДЕНИЕ

Современная стандартная модель разделенной двойной системы не предполагает на кривой блеска никаких эффектов, кроме стабильно характеризующих ее форму затмений, эффекта принятой формы компонентов, а также менее выраженных эффектов фазы, потемнения дисков звезд к краю и гравитационного потемнения. Однако, с увеличением точности наблюдений кривые блеска стали обнаруживать более мелкие и нестационарные детали. Поскольку для разделенных систем им не было никакого теоретического объяснения, на них, за редкими исключениями, не обращали внимания. Но нестационарность в двойных системах может быть показателем не только состояния систем в настоящее время, но и некоторым свидетельством их прошлого, поэтому при обсуждении физики звезд и эволюции одной группы систем в другую нужно учитывать и эту характеристику.

Первая наша работа по исследованию нестационарности в затменных двойных разделенных системах главной последовательности (Бочула, 1984, 1985) имела целью обнаружить и систематизировать проявления нестационарности в системах без значительных эффектов близости. Когда эта работа подходила к концу, в печати появилась статья Пиотровского и др. (1974), в которой была поставлена примерно та же задача для полуразделенных систем и попутно рассмотрены 8 систем разделенных. Малое число произвольно взятых систем привело авторов к неверному заключению о характере нестационарности всех разделенных систем.

Цель настоящей работы — рассмотреть вопрос о нестационарности разделенных двойных систем главной последовательности по большему, чем в первых наших работах, материалу, включающему и системы со значительными эффектами близости. В первом разделе содержатся сведения о материале и его обработке. Описаны 9 выделенных типов проявления нестационарности на кривых блеска. С учетом спектральных, поляризационных, рентгеновских и радионаблюдений, сделана попытка дать возможное объяснение их природы. В разделе втором рассмотрены обнаруженные зависимости нестационарности от некоторых характеристик систем и их компонентов, а также от некоторых общих свойств звезд главной последовательности. В заключении приведены выводы.

ТИПЫ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Материал.

Были рассмотрены 125 взятых из литературы кривых блеска в разных лучах для 38 систем и 27 новых кривых блеска для 10 систем, уже изученных в прежних наших работах. Как и прежде, наблюдения каждой ночи наносились своими значками по фазам или, при необходимости, по времени, для того, чтобы проследить зависимость деформаций кривой блеска от времени и цвета. Выводы основаны на 278 кривых блеска 73 систем из прежней и настоящей работ.

Системы были разделены на группы по спектрам компонентов, так как звезды отдельных спектральных интервалов физически различны и нестационарность их может быть обусловлена этими различиями.

Группа 1. (O9–B0.5). Среди компонентов возможны звезды с оболочками и истечением газа. Относительно большие линейные скорости вращения компонентов.

Группа 2. (B1–B6)+(B1–B9). Относительно большие скорости вращения компонентов.

Группа 3. (B8–A0). Могут встретиться пекулярные и магнитные звезды.

Группа 4. (A2–A8)+(A4–F). Область полосы неустойчивости и A_m звезд.

Группа 5. (F + F). Частично захватывается полоса неустойчивости.

Группа 6. (F8–G)+(G–K). Возможна активность типа солнечной.

Группа 7. (B–F)+(A–K). Возможна нестационарность разной природы.

В таблице 1 представлены необходимые сведения о 73 системах и их компонентах, как взятые из литературы, так и вычисленные в процессе работы и выведенные в результате исследования. В этой таблице и везде далее вводятся обозначения: I и II – для главного и вторичного минимумов, I–II и II–I – для следующих за ними максимумов соответственно. Примечания к таблице 1 содержат ссылки на использованную литературу и описание особенностей 43 систем. Соответствующие материалы для остальных 30 систем можно найти в нашей предыдущей работе (Боцула, 1984).

В столбце 1 таблицы 1 – номер группы, 2 – название системы, 3 – спектры компонентов (спектры в скобках определены из фотометрических наблюдений; звездочкой отмечены классы светимости IV–V и IV). Столбец 4 – период обращения, 5 – отношение масс компонентов, 6 – характеристика средней для обоих компонентов эллипсоидальности. (Там, где элементы орбиты получались методом Вуда, 1971, в таких решениях большинство, большой (б) эллипсоидальность считалась, если разница между большой и средней относительными осями эллипсоида превышала 0.012, средней (с), – если она была между 0.012 и 0.006, малой (м), – между 0.006 и 0.003. Для меньших ее значений эллипсоидальность считалась отсутствующей). В случае определения элементов другими методами устанавливалось соответствие разницы уровней блеска

при фазах внешних контактов минимумов и фазой 90° исследуемой кривой блеска и кривых блеска, решенных методом Вуда. Такое приближенное деление вполне достаточно для наших целей). Столбец 7 — процент заполнения компонентами их полостей Роша, 8 и 9 — угловая и линейная скорости вращения компонентов при синхронизации вращения и обращения их по орбите, 10 — типы нестационарности, присущие данной системе (цифры соответствуют указанным ниже номерам типов; в скобках — область спектра, в которой единственно видна нестационарность данного типа), 11 — сведения об изменениях периода системы. Сокращение "Л. ап." говорит о вращении линии апсид. В столбце 12 указаны особенности в спектре или излучении. Вопрос в любом случае означает неуверенность.

ТИПЫ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ

В результате рассмотрения кривых блеска были выделены 9 типов нестационарности. Номером 10 обозначен тот случай, когда из-за большого рассеяния наблюдений тип установить трудно. Ниже описываются признаки каждого типа и дается суждение о возможных причинах его возникновения.

1. "Плечи".

"Плечами" будем называть ослабления блеска вне минимумов вблизи внешних их контактов. В основном наблюдаются четыре формы "плеч" — "плечи" плоские, выпуклые, острые и ступенчатые (рис. 1).

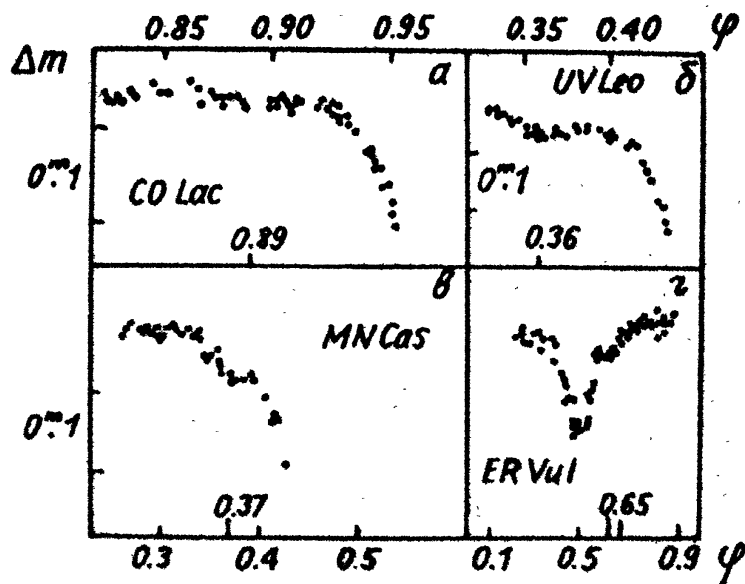


Рис. 1. Тип нестационарности 1. Различные формы "плеч". "Плечо" а — плоское (CO Lac, Семенов, 1967), б — выпуклое (UV Leo, Броулиа, 1965), в — острое (MN Cas, Грауэр, 1976), з — ступенчатое (ER Vul, Цейлих и др., 1982)

Они могут быть около всех четырех контактов, около одного минимума или одного максимума, около одноименных контактов обоих минимумов. Если они обрамляют один максимум, последний может быть

немного ниже максимума без "плеч". "Плечи" могут несколько изменяться по глубине, редко — по форме, временно могут даже частично исчезать, но все-таки устойчиво характеризуют форму кривой блеска. Положение их очень близко для всех эллипсоидальностей, всех спектров и всех размеров компонентов. По всем наблюдениям, собранным в таблице 3, фазы концов "плеч" (максимальных ослаблений) вне минимумов такие:

$$\begin{array}{ll} 0.88 \pm 0.004 & 0.12 \pm 0.004 \\ 0.38 \pm 0.003 & 0.62 \pm 0.004 \end{array}$$

При ректификации кривой блеска "плечи" вносят в разложение блеска вне минимумов в ряд Фурье член $a \cos 4\theta$.

В таблице 3 первые четыре столбца те же, что и в таблице 1, пятый — фазы концов "плеч", шестой столбец — протяженность "плеча" в фазах (от начала "плеча" в минимуме до максимального ослабления вне минимума). Столбец 7 — глубина "плеча" в звездных величинах, отсчитываемая с точностью до 0.005 от интерполированной на место "плеча" кривой блеска. Столбцы 8, 9, 10 — форма "плеч", наблюдаемая у данной системы ("плечи" ступенчатые и острые отмечены в одном столбце). Столбец 11 — область спектра наблюдений. Данные о "плечах", существующих одновременно, находятся в одной строке или объединены фигурной скобкой.

"Плечи" наблюдаются только на кривых блеска с эллипсоидальностью: редко с малой (плоские), наиболее часто со средней (выпуклые), реже с большой (ступенчатые и острые). Наблюдается общая тенденция уменьшения глубины с длиной волны, но иногда встречается и обратная картина. У некоторых систем на фазах "плеч" видно повышенное рассеяние наблюдений или смещение наблюдений отдельных ночей относительно друг друга (IM Mon, U Oph, UV Leo и др.).

То, что "плечи" существуют на одних и тех же фазах у разных систем, что они относительно нестационарны, но являются характерным признаком системы, говорит о том, что появление их нельзя объяснить ни пятнами на поверхности звезд (проявление пятен более изменчиво во времени и по местоположению), ни специфическим постоянным распределением яркости на дисках звезд, связанным с их формой. "Плечи" скорее всего результат ослабления света звезд в определенным образом расположенной околозвездной материи системы. Действительно, они появляются у систем с компонентами, физические характеристики которых способствуют истечению из них газа. Так у O—В звезд существуют турбулентные оболочки, поддерживаемые лучевым и, возможно, магнитным давлением; к тому же эти звезды быстро вращаются, что приводит к уменьшению силы тяжести на их поверхности. Звезды классов G—K проявляют признаки активности типа солнечной. Наверное могут быть и другие, пока не известные нам и не столь эффективно действующие источники околозвездной материи, поскольку у систем с компонентами спектрального класса A тоже иногда наблюдаются "плечи".

Возможное распределение околозвездной материи в системах, которое могло бы объяснить появление "плеч", рассматривалось в работе Боцулы (1985). Здесь укажем только на результат расчета ослабления при электронном рассеянии света в тесной полуразделенной системе Рейнгардтом и Брайнгорстом (1974). Фазы наибольшего ослабления света показывают очень хорошее совпадение с положением наблюдаемых концов "плеч".

2. Неравенство высот максимумов.

Таблица 2 содержит сведения о неравенстве высот максимумов кривых блеска. Первые два столбца те же, что и в таблице 3. Столбец 3 — более высокий максимум (если указаны оба максимума, знак неравенства может меняться, если стоит 0, максимумы могут быть и равными). Столбец 4 — разница высот максимумов в звездных величинах, 5 — наличие "плеч" на кривой блеска, 6 — эллипсоидальность, 7 — область спектра, в которой наблюдалось неравенство, 8 — примечания. Реальным считалось неравенство > 0.01 .

Мы выделяем в основном две физических причины неравенства. У тесных систем его, по-видимому, можно объяснить неравномерным распределением ослабляющей свет материи в системе (появлением огибающего звезду потока, например). У других систем причиной может быть пятнистость компонентов (Ар компоненты с горячими пятнами, проявляющимися в U-лучах; звезды с активностью типа солнечной).

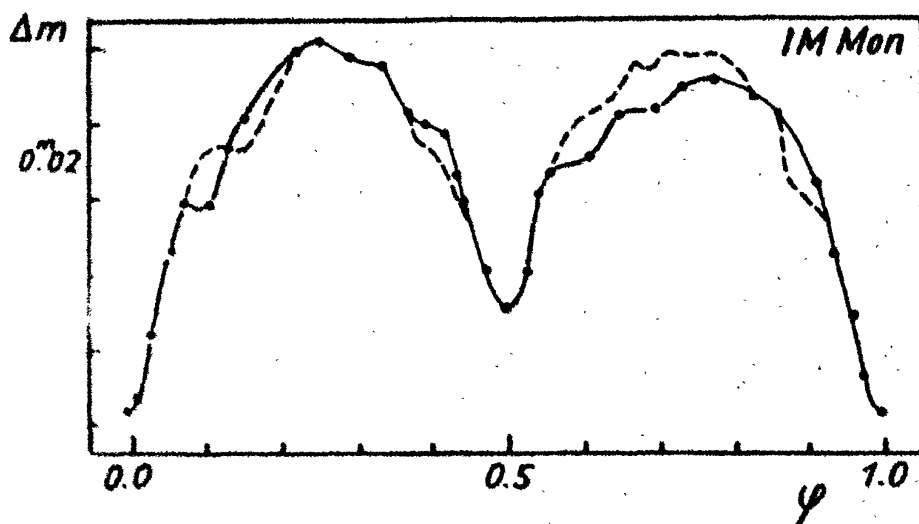


Рис. 3. Тип нестационарности 2. Изменение высоты максимумов у IM Mon по наблюдениям Гамы, 1951 (сплошная кривая) и Саныала и др., 1955 (пунктир)

У систем с околозвездной материей, наблюдения которых имеют высокую точность, величина неравенства не превышает 0.025 (как и глубина "плеч") и растет с уменьшением длины волны. У систем солнечного типа она может быть больше. Однако, в тесных системах этого типа ослабление света околозвездной средой, скорее всего, играет большую роль, чем пятнистость, и маскирует ее проявления. Об этом

свидетельствуют, например, спектральные наблюдения ER Vul (Микс Лин, 1982). На рис. 2 представлен пример неравенства максимумов из-за ослабления света звезд межкомпонентной материей, а на рис. 3 — пятнами.

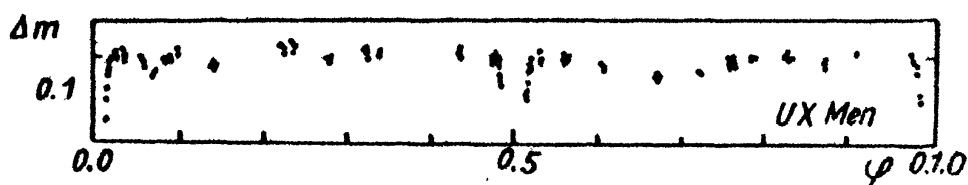


Рис.3. Тип нестационарности 2. Создающая неравенство максимумов фотометрическая волна на кривой блеска UX Men в В лучах по наблюдениям Клаузена и Гронбека (1976)

3. "Вспышки".

Слово "вспышки" взято в кавычки, потому что мы не знаем характера развития явления во времени для всех систем, где его можно видеть. Вспышечный характер наблюдался лишь один раз у UV Leo: блеск около Min II увеличился за 2–3 минуты на 0.04. Этот увеличенный блеск прослеживался во всех фазах, за исключением Min I, в течение 22^d, после чего за 2^d–3^d уровень блеска снизился до первоначального (Боцула, 1978). Подобное же увеличение блеска, но с неопределенностью во времени в месяц, произошло у ER Vul (Боцула, 1985a), в результате чего Min I стал менее глубоким, чем Min II. Быстрые изменения уровня блеска (за сутки) на большей части кривой происходят у RT And (Думитреску, 1973) (рис. 4). Все эти системы тесные с

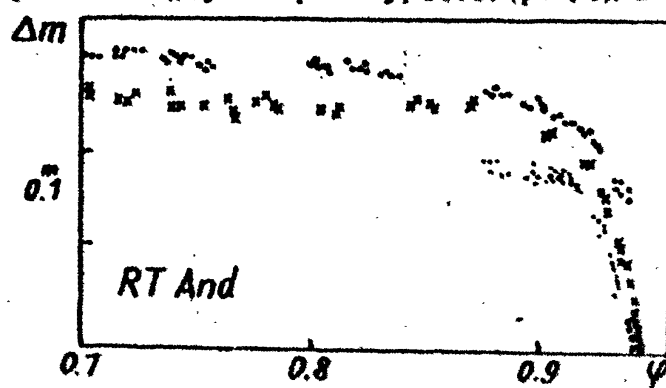


Рис.4. Тип нестационарности 3. Быстрые изменения кривой блеска типа "вспышки" у RT And по наблюдениям Думитреску (1973)

возможной активностью типа солнечной, но рассматриваемые "вспышки" солнечным не подобны — амплитуда их не зависит от длины волны и временная шкала другая. Спорадические смещения наблюдений всего минимума случались и у систем со спектрами В (V539 Aга, U Oph), однако эти сдвиги требуют подтверждения. Время протекания явления здесь не известно. Условно они также отнесены ко "вспышкам", хотя их причина, конечно, иная, чем у систем солнечного типа.

198892...22...707B

4. Понижение блеска на выходе из вторичного минимума и после него.

Блеск на выходе из вторичного минимума и в некотором интервале фаз после выхода ниже, чем на входе. Понижение увеличивается в сторону коротких волн и изменяется со временем (рис. 5). Такой характер явления наводит на мысль об ослаблении света газом.

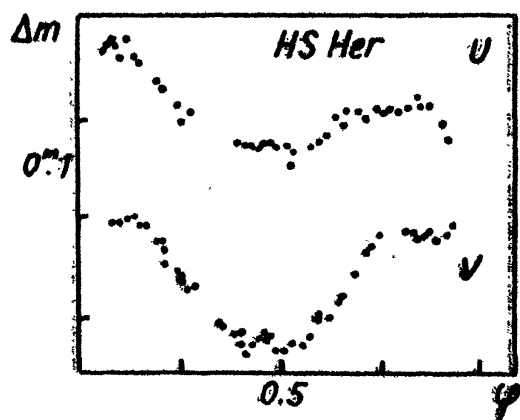


Рис.5. Тип нестационарности 4. Зависящее от длины волны падение блеска на выходе из вторичного минимума по наблюдениям HS Her (Холл и Габбард, 1971)

5. Неравномерное распределение яркости по поверхности компонентов (пятнистость).

Если на поверхности звезды имеются неравномерно расположенные по долготе пятна, то в результате ее вращения на кривой блеска возникает относительно стационарная волна, форма и амплитуда которой зависят от расположения и контраста пятен. Если отнаблюден небольшой участок кривой блеска, пятнистость может проявиться как смещение уровня максимального блеска или как сдвиг минимума, подобный происходящему при "вспышке". Лишь у широких пар с активностью типа солнечной и, может быть, у систем с компонентами Ар можно более-менее уверенно говорить о пятнистости, наблюдаемой вне минимума. К типу 5 мы отнесли проявления пятнистости в минимумах. При затмении и открытии пятен будут наблюдаться искажения формы минимумов, особенно заметные у дна. Такие деформации, например, у TX Her, демонстрируются в статье Боцула (1985).

6. Микронестационарность.

Под микронестационарностью понимаются небольшие ($0.01 - 0.02$) кратковременные ($1.5^h - 2.5^h$) изменения блеска, природа которых не установлена (рис. 6), а также повышенный по отношению к наблюдениям звезд сравнения уровень рассеяния наблюдений системы, если на это указывают авторы наблюдений. Такие изменения рассматривались как нестационарность лишь у широких пар.

7. Переменность одного из компонентов типа пульсаций.

У RS Cha спутник — переменная типа δ Sct, у TX Her по наблюдениям отдельных ночей можно заподозрить такую же переменность (Боцула, 1985). Возможно, сюда относятся изменения блеска AD And, в наблюдениях которой рассеяние слишком велико и не случайно.

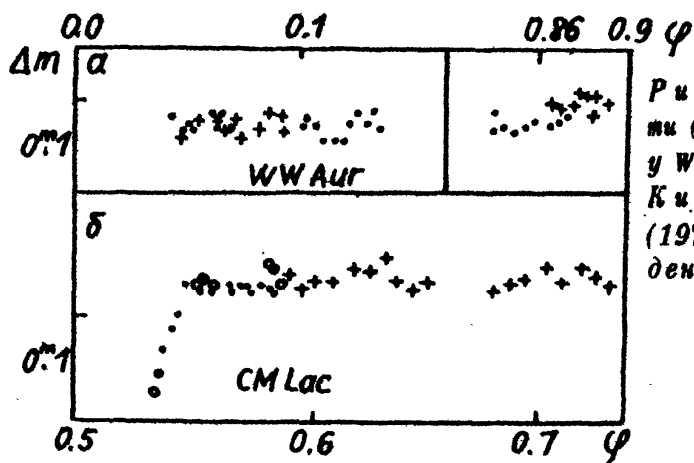


Рис.6. Тип нестационарности 6. Микронестационарность у WW Aur по наблюдениям Кийокавы и Китамуры (1975) и у CM Lac по наблюдениям Барнеса, Холла и Гарди (1968)

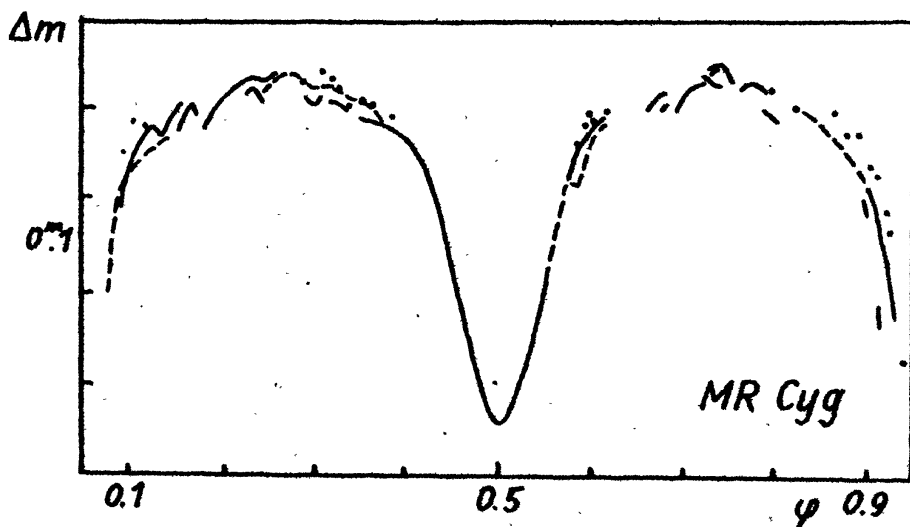


Рис.7. Тип нестационарности 8. График различия между средними кривыми блеска MR Cyg в синих лучах в разные годы. Части сплошной кривой — средние из наблюдений каждой ночи Баттистини и др. (1972), пунктир — наблюдения Холла и Гарди (1970), точки — наблюдения Лаврова (1965). Совпадающие части проведены сплошной кривой

я. Изменения всей кривой блеска.

Тип не очень определенный. Кривые блеска очень тесных систем часто в разные ночи и разные сезоны на 0.01^m – 0.05^m не совпадают в деталях как в минимумах, так и вне их. При этом присутствуют и другие типы нестационарности (рис. 7). Причиной может быть более быстрое изменение плотности и скоростей движения околозвездной материи в тесных системах.

9. Особенные кривые блеска.

К особенным отнесены кривые блеска, деформации которых не оказалось возможным классифицировать по выделенным типам (CW Cep, RU Mon, RR Lyn, HS Pya, EI Cep, FI Lyr, IQ Per, α CrB).

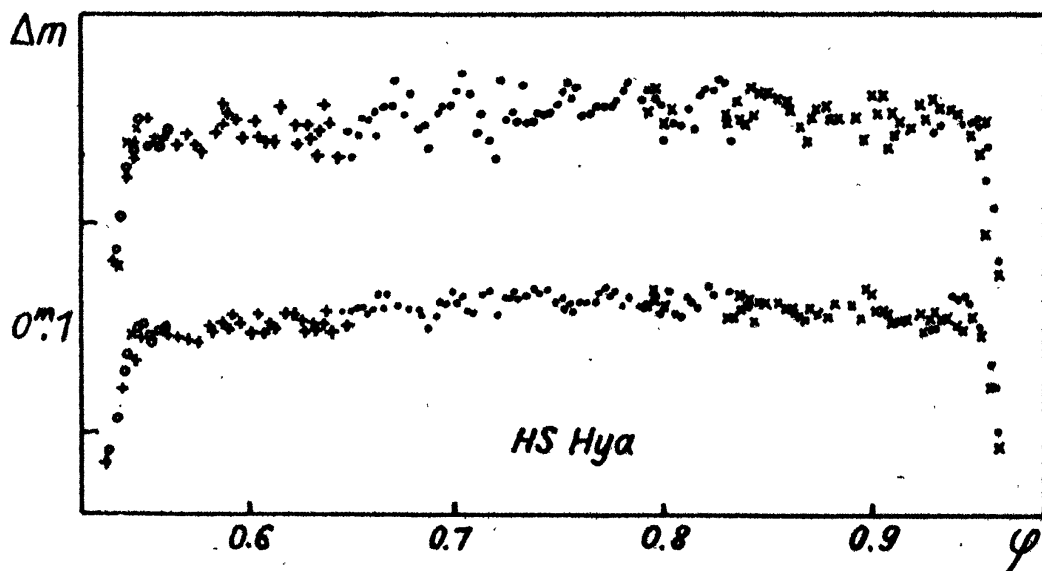


Рис.8. Пример особенной кривой блеска. HS Hya в u и v лучах по наблюдениям Гильденкерне и др. (1976). Зависимость амплитуды колебаний блеска от цвета не позволяет отнести компоненты к какому-либо типу пульсирующих звезд

На рис. 8 приведена кривая блеска HS Hya, колебательный характер которой не имеет аналога у пульсирующих переменных звезд.

Связи нестационарности

То, с чем связана нестационарность, может свидетельствовать как о ее природе, так и о причинах, которые могут усилить проявление нестационарности, возникающей у одиночных звезд, если эти звезды — компоненты двойной системы. Поэтому изучение нестационарности может выявить такие особенности звезд, какие в случае одиночных объектов пока остаются вне нашего поля зрения.

Нестационарность и степень близости компонентов.

Используем деление систем на группы. Заметим, что в каждой группе, за исключением группы 7, спектры компонентов различаются мало, поэтому можно говорить о спектрах систем. Очень тесные системы встречаются лишь среди ранних и самых поздних спектров (группы 1, 2 и 6, 7). От B8 до F8 их практически нет. Со сближением компонентов и появлением на кривых блеска эффекта близости — эллипсоидальности — более, чем у половины систем начинают появляться "плечи". При дальнейшем сближении изменяется их форма, а у некоторых систем появляется неравенство высот максимумов. У самых же тесных пар кривые блеска становятся непостоянными во всех своих частях. Эти изменения, на наш взгляд, отражают изменения количества, расположения и состояния движения околозвездной материи в системе. Наиболее устойчивые признаки ее видны на кривых блеска со средней степенью близости компонентов (со средней эллипсоидальностью).

Системы без признаков околозвездной материи есть при всех эллипсоидальностях, но число их резко увеличивается при уменьшении степени близости компонентов. Это значит, что околозвездная материя имеется не всегда в одинаковых количествах даже для близких по всем другим характеристикам систем. Следовательно, в общем сходные условия рождения и развития похожих систем иногда нарушаются.

Нестационарность и синхронные скорости вращения компонентов.

Вращение звезды — способ ее существования, изменяющийся в процессе эволюции и в известной степени определяющий ход последней, а значит и состояние нестационарности. Данных об истинных скоростях вращения исследуемых звезд пока еще мало. Согласно этим данным распространенное предположение о синхронности вращения и обращения по орбите для периодов $< 5^d$, оправдывается не всегда даже для коротких периодов. Пришлось, однако, его использовать, указав на известные от него отклонения. Синхронные угловые и линейные скорости были вычислены по периодам обращения и известным радиусам компонентов и получена их зависимость от спектров компонентов. Эта зависимость сравнивалась с такой же зависимостью для одиночных

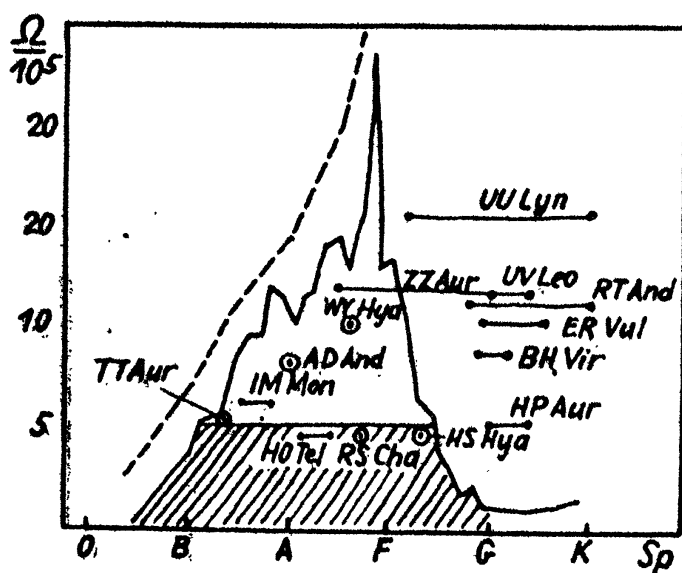


Рис. 9. Зависимость от спектра средних угловых скоростей вращения для одиночных звезд поля (сплошная кривая) и компонентов затменных двойных разделенных систем главной последовательности (заштрихованная область). Выделены системы, уклоняющиеся от общей зависимости для В—F спектров и с увеличенной из-за двойственности скоростью вращения компонентов в группах 6 и 7. Пунктир — приближительная граница максимально возможных в двойных системах скоростей, вычисленная в предположении одинаковых сферических компонентов в контакте.

звезд поля главной последовательности, полученной по средним $v \sin i$ из работы Фукуды (1982) с помощью средних радиусов звезд из справочника Аллена (1977) и среднего $\sin i$. На рис. 9 представлен график такого сравнения для угловых скоростей. Интересной особенностью распределения скоростей компонентов двойных систем главной последовательности является то, что за редкими исключениями угловые скорости всех систем до спектра G не превышают предела $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ рад./с, в то время как скорости одиночных звезд для средних классов значительно выше. Этот предел примерно соответствует большим полуосям орбит от $17R_{\odot}$.

у класса B1 до $7.5 R_{\odot}$ у F4 и согласуется с отмеченным Свечниковым (1969) отсутствием больших полуосей $< 10 R_{\odot}$ у A–F систем. Причиной такого распределения скорее всего может быть первоначальное распределение больших полуосей орбит.

Компоненты группы 1 (O9–B0.5) вращаются с почти нормальными для одиночных звезд угловыми скоростями, линейные же скорости, согласно таблице 1, у них велики – 120+150 км/сек. В группе 2 (B1–B6)+(B1–B9) уменьшение скорости вращения из-за двойственности средней величины. Все компоненты этой группы расположены у верхней границы угловых скоростей. Линейные скорости примерно такие же, как в группе 1. Поскольку даже одиночные звезды при их больших линейных скоростях вращения не достигают предела устойчивости, скорость вращения не может быть непосредственной причиной истечения газа с поверхности компонентов, но если истечение или выброс по какой-либо причине уже произошли, большая скорость вращения может увеличить их эффективность. Именно в этих двух группах встречаются системы с отклонением от синхронизации в сторону увеличения скоростей (CW Ser, CC Cas, AG Per, V453 Cyg, U Oph, δ Aql, ξ Phe, IM Mon, AR Cas). Итак, усиленные признаки околосредней материи в системах групп 1 и 2 могут быть связаны с относительно большими скоростями вращения компонентов, но не эти скорости – причина ее появления в системе. Очень большое замедление вращения из-за двойственности в группах 3 и 4 (B8–F) обуславливает до некоторой степени и изменение типа нестационарности. Она становится скорее присущей отдельным компонентам, свойства атмосфер которых иные при малых скоростях вращения, и только у относительно самых тесных систем (с самыми большими скоростями) сохраняются признаки общей для системы нестационарности – существования околосредней материи (HO Tel, RS Cha). В среднем системы с микронестационарностью как будто имеют скорости выше, чем без нее, но такое заключение требует уточнения по более полному материалу.

В группе 5 (F + F) почти у всех систем малые по величине, нормальные для одиночных звезд скорости и нестационарность наименьшая для систем всех спектров с такой же степенью близости компонентов. Совсем иной характер связи нестационарности со скоростью у группы 6 (G–K), располагающейся рядом. Вращение компонентов многих систем здесь сильно ускорено двойственностью, но и самые медленные проявляют заметные признаки активности типа солнечной. Приняв гипотезу синхронизации, мы не можем отделить эффекты вращения от эффектов степени близости компонентов, поэтому можно только сказать, что для самых тесных систем (систем быстро вращающихся) усиление одних видов нестационарности (пятнистость, признаки существования околосредней материи) может быть связано, как и у других систем типа RS CVn, с увеличением скорости вращения компонентов. Другие виды, например, "вспышки", скорее возникают в результате сближения компонентов.

В группе 7 (B–F) + (A–K) в одной системе могут встретиться замедленные и ускоренные из-за двойственности компоненты, однако, для систем даже с самыми высокими скоростями вращения очень бурных проявлений нестационарности нет. Возможно, это объясняется сочетанием в паре слабой и яркой звезды: на фоне излучения последней небольшие изменения блеска спутника просто не видны. Кроме этого, рассеяние наблюдений для этих систем часто слишком велико — до 0.1.

Итак, влияние вращения компонентов на нестационарность состоит в усилении признаков околозвездной материи и активности типа солнечной у систем с большими скоростями вращения компонентов и в появлении новых типов нестационарности — пятнистости и микро-нестационарности — в системах со значительно замедленным вращением, так как свойства атмосфер звезд при медленном вращении могут быть иными (A_p , A_m).

Нестационарность и изменение периода обращения.

Сведений об изменениях периодов обращения рассматриваемых систем мало. Из таблицы 1 видно, что все системы с изменениями периода, иными, чем происходящие от вращения линии апсид, нестационарны. Это может быть дополнительным свидетельством присутствия околозвездной материи в системах, хотя можно представить и иные причины таких изменений, особенно, если они случайные (например, положение минимумов может случайным образом меняться из-за присутствия пятен на одном из компонентов).

Нестационарность, рентгеновское излучение и акустический поток.

На рис. 10, взятом из статьи Вайяны (1980), представлено изменение со спектром для звезд главной последовательности наблюдаемого рентгеновского потока с единицы поверхности звезды и вычисленного акустического потока.

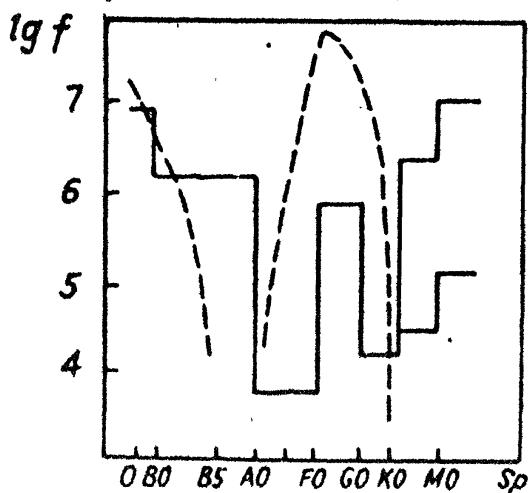


Рис. 10. Зависимость от спектра наблюдаемого рентгеновского потока с единицы поверхности звезды (сплошная ломаная) и вычисленного акустического потока (пунктир) для звезд главной последовательности. Для звезд со спектрами позже K указана область рассеяния данных (Вайяна, 1980).

вания в системах околозвездной материи хорошо согласуется с наивысшими акустическим и рентгеновским потоками в группе 1 и последним из них в группе 2. Здесь же и самые высокие линейные скорости вра-

1988PZ.....22...707B

щения компонентов. Близкий ход этих характеристик, возможно, говорит о том, что они обусловлены какой-то общей причиной, создающей большую турбулентность атмосферы звезд.

В группах 3 и 4 (B8-A) оба потока падают до минимума, и нестационарность с ними не коррелирует. Акустический поток начинает расти во второй половине класса A и максимален в классе F, где рентгеновское излучение также становится очень большим, нестационарность же здесь наименьшая по всей спектральной последовательности. В то же время группа 6 (G-K), примыкающая к группе 5 (F-F), показывает очень высокую степень нестационарности даже для широких пар в согласии с высоким еще акустическим потоком и в противоречии с потоком рентгеновским. Последнее рассогласование частично может быть объяснено неучетом большой скорости вращения G-звезд в тесных системах и принадлежности некоторых спутников к классу K. Действительно, для ER Vul, RT And и TY Pux верхняя граница отношения рентгеновской светимости к светимости болометрической намного превосходит солнечную (Вальтер и др., 1980). Отсутствие высокой степени нестационарности в классе F остается необъяснимым. Скорости вращения этих звезд нормальные. Высокий рентгеновский поток для них предсказывается, если их магнитное поле генерируется механизмом динамо типа солнечного, то есть таким, эффективность которого в первом приближении пропорциональна скорости вращения звезды и относительной глубине конвективной зоны (смотри, например, рис. 1 в работе Линского (1981)). Но если проводить аналогию с Солнцем до конца, хромосферная активность и степень пятнообразования должны быть при этом тоже высокими, а следовательно, даже с учетом большего блеска F-звезд, проявление их на кривых блеска должно быть по крайней мере не меньшим, чем у медленных систем спектра G. Скорее всего механизм динамо солнечного типа не характерен для F-звезд. (Есть свидетельства, что у F-звезд дифференциальное вращение гораздо меньше, чем у Солнца).

Нестационарность в зависимости от спектра.

В этом разделе обобщаются сведения о нестационарности в каждой группе.

Группа 1. (O9-B0.5). Преобладают типы нестационарности, связанные с околосредной материей в системе ("Плечи", неравенство максимумов, не очень выраженные изменения всей кривой блеска у более тесных систем, признаки оболочки у более широкой пары CW Ser). По-видимому, существование акустического и рентгеновского потоков и нестационарности обусловлено общей причиной. Усилению нестационарности могут способствовать относительно высокие линейные скорости вращения компонентов. Даже среди самых тесных систем встречаются пары с отклонением от синхронизации.

Группа 2. (B1-B6) + (B1-B9). Преобладающие типы нестационарности, линейные скорости вращения компонентов и отсутствие полной синхронизации примерно такие же, как у группы 1, но нестационарность

более упорядоченная. Корреляция с рентгеновским и особенно акустическим потоками уменьшается. Иногда происходят смещения части кривой блеска по оси блеска, сходные с возникающими при пятнистости или "вспышках", но в неизвестной временной шкале.

Группа 3. (B8–A0). У широких пар преобладает неравномерное распределение яркости по поверхности звезд (пятнистость) и неравенство максимумов, особенно в U-лучах, которое также может быть следствием горячих пятен на поверхности звезд. У более тесных пар наблюдаются признаки околосредной материи – "плечи".

Группа 4. (A2–A8) + (A4–F). Основной тип нестационарности – микронестационарность. Встречаются пульсирующие компоненты. У более тесных систем есть "плечи" – признак околосредной материи.

Группа 5. (F+F). Все системы широко разделенные, без эллипсоидальности, компоненты вращаются с нормальными для их спектров скоростями. Среди очень редких нестационарных систем – микронестационарные и особенные. Практическое отсутствие нестационарности здесь сосуществует с очень большими акустическим и рентгеновским потоками. В этом спектральном классе происходит смена источников энергии звезд, резко падают скорости вращения и, видимо, еще не сформировался тип активности, подобный солнечному.

Группа 6. (F8–G) + (G–K). Два вида нестационарности связаны с активностью типа солнечной: фотометрическая волна из-за пятнистости у широких пар и все признаки существования околосредной материи – у тесных. Кроме этого, у последних появляется новый тип – "вспышки", не имеющий аналога на Солнце. Большой акустический поток соответствует активности типа солнечной, а повышенный по сравнению с потоками для одиночных звезд рентгеновский поток частично может быть следствием ускоренного вращения звезд в тесных системах.

Группа 7. (B–F) + (A–K). Наиболее часто встречаются падение блеска на выходе из вторичного минимума и неравенство максимумов – признаки околосредной материи, а также особенные кривые блеска. К этим видам, наверное, приводит сочетание разных масс и заторможенного и ускоренного вращений в паре.

Оценка плотности околосредного газа.

Величина эффектов, которые мы относим к ослаблению света околосредной материей, не превосходит 0.025. По ней в предположении о полной ионизации этой материи можно определить верхнюю границу электронной плотности в ней. Используем выражение

$$\Delta m = -2.5 \lg \left[1 - \frac{\Delta(I_A + I_B)}{I_A + I_B} \right] = -2.5 \lg \left[1 - \frac{\frac{\Delta I_A}{I_A}}{1 + a} \right],$$

где Δm – величина эффекта ослабления в звездных величинах для системы при ослаблении блеска лишь одного компонента (обозначим

его A). I_A и I_B — блеск компонентов. $I_A + I_B$ принято за единицу. $\alpha = \frac{I_B}{I_A}$. Будем считать компоненты одинаковыми (таких систем большинство). С точностью до второго члена разложения e^{-x} в ряд

$$\frac{\Delta I_A}{I_A} \approx n \cdot k \cdot s \cdot d\sigma,$$

где n — искомая электронная плотность, k — коэффициент ослабления в расчете на один электрон, s — длина пути луча в среде, $d\sigma$ — доля площади поверхности звезды, охваченная ослаблением. Ниже приводятся вычисленные по этим формулам максимальные электронные плотности среды для широких и тесных пар самых горячих и самых холодных из рассматриваемых систем. Величина s бралась равной расстоянию между поверхностями звезд, выраженному в радиусах Солнца, $d\sigma$ — 0.1 и 1.

s	$d\sigma$	n , эл/см ³	Вид нестационарности
20	1	$1.38 \cdot 10^{10}$	
20	0.1	$1.38 \cdot 10^{11}$	"Плечи" у горячих систем.
6	1	$4.61 \cdot 10^{10}$	Неравенство максимумов у горячих систем.
6	0.1	$4.61 \cdot 10^{11}$	"Плечи" у разных систем.
1.5	1	$1.84 \cdot 10^{11}$	Неравенство максимумов у холодных систем.
1.5	0.1	$1.84 \cdot 10^{12}$	"Плечи" и неравенство максимумов у холодных систем.

Итак, верхняя граница электронной плотности газовых образований не превосходит $2 \cdot 10^{12}$ эл/см³ в самом неблагоприятном случае, что примерно соответствует средней плотности подобных образований у полуразделенных систем (Бэттен, 1976). Если в холодных системах допустить небольшую примесь пыли, эта граница может быть уменьшена, но пока такому допущению нет наблюдательных оснований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1). Характер и причины нестационарности затменных разделенных систем главной последовательности изменяются вдоль этой последовательности.

2). В системах с компонентами всех спектральных классов, за исключением класса F, наблюдаются усиливающиеся со степенью близости компонентов признаки околозвездной материи. Поскольку системы F0–F8 не бывают достаточно тесными, о присутствии такой материи в них нельзя сказать ничего определенного. Верхняя граница электронной плотности околозвездной материи при условии ее полной ионизации $\sim 10^{12}$ эл./см³ для холодных и 10^{10} – 10^{11} эл./см³ — для горячих звезд.

Существование околозвездной материи в разделенных системах главной последовательности меняет наши представления о морфологии этих систем.

3). В очень тесных системах с компонентами солнечного типа возникают "вспышки", амплитуда которых составляет несколько сотых звездной величины и в первом приближении не зависит от длины волны. Возможно, они являются результатом взаимодействия околозвездного вещества со сложным магнитным полем двойной системы.

4). Практическое отсутствие нестационарности у систем со спектрами компонентов класса F противоречит представлению о генерации магнитного поля этих звезд механизмом динамо солнечного типа. По-видимому, в этом классе меняется не только способ генерации энергии звезд и скорость их вращения, но и структура магнитного поля.

5). Двойственность влияет на скорость вращения компонентов так, что звезды средних спектральных классов оказываются заторможенными, а поздних — ускоренными. Происходящие от изменения скорости вращения изменения свойств атмосфер некоторых звезд отражаются в нестационарности (переменность с малой амплитудой Δm звезд, возможная пятнистость Ap-звезд, усиление активности звезд солнечного типа).

6). Системы с близкими характеристиками имеют в общем сходную нестационарность, но встречаются и исключения. Это свидетельствует о некоторой неоднородности в среднем сходных условий рождения и развития рассматриваемых двойных звезд.

Таблица 1

Характеристики систем, их компонентов и местонахождения

Гр	Система	Спектр	Период в днях	q	эл.	%	$\Omega \cdot 10^5$ рад/сек	км/сек	Тип местац.	Изм. пер.	Особенности излуч. или спектра
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	AM Cep	B0+B0.5	1.775	0.86	б	90/78	4.1	188/140	2.5	Неопр.	Эмисс. H α
	CW Cep	B0.5+B0.5	2.729	0.94	м	66/51	2.7	102/87	9	л. эл.	
	V478 Cyg	B0.5+B0.5	2.881	1:	с	72/72	2.5	128/128	1	л. эл.	Радикопл.
	Y Cyg	O9.8+O9.8	2.996	1.04	г	49/63	2.4	88/111	-	л. эл.	
	CC Cas	O9+O9*	3.369	0.49	г	57/68	2.2	111/93	2.8	л. эл.	Б. басс. напл.-л хриз. луч. скор.
2	V453 Cyg	B0.5+B0.5*	3.890	0.77	с	73/51	1.9	123/74	1.8	л. эл.	
	IM Mon	B5+(B6)	1.190	0.66	с	91/53	6.1	158/89	1.2.8	измен.	Полн. изл. U, I
	TT Aur	B3+(B6)	1.333	0.80	б	91/81	6.5	162/144	-	л. эл.	
	VV Ori	B1+(B(4-9))	1.485	0.45	с	80/58	4.9	158/80	1.8	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
	V539 Ara	B3+B4	1.584	0.85	м	57/50	4.6	147/102	1.3	л. эл.	
3	ζ Phe	B6+B8	1.670	0.65	м	63/51	4.4	86/86	1	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
	U Oph	B4+B5	1.677	0.90	с	70/71	4.3	103/90	1.3	л. эл.	
	MR Cyg	B3+(B9)	1.677	0.56	б	90/88	4.3	121/103	1.5.8	Цикл.	Неопр.
	AO Mon	B3+B5	1.885	0.95	м	68/59	3.9	94/83	2:(U)	л. эл.	
	σ Aql	B3+B3.5	1.950	0.79	с	70/57	3.7	109/79	1.2	л. эл.	Полн. изл. U, I
	AG Per	B3.5+B4.5	2.029	0.91	м	63/47	3.6	75/52	4	л. эл.	
	AR Cas	B3+(B9.5)	6.066	0.28:	-	35/21	1.2	35/15	2	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
	CV Vel	B2.5+B2.5	6.889	0.98	-	31/30	1.1	30/29	-	л. эл.	
	DI Her	B4+B5	10.6	0.88	-	15/17	0.7	13/12	-	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
	AD And	A0+A0	0.986	(1)	б	84/83	7.4	123/123	7	л. эл.	
	CO Lac	B8.5+B9.5	1.542	0.82	м	64/62	4.7	92/76	1	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
	RX Her	B9.5+A0.5	1.779	0.85	м	57/53	4.1	69/52	1	л. эл.	
	MN Cas	(B9-A0)+A1	1.917	(1)	б	83/79	3.8	99/94	1.5	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
	V451 Oph	A0+A2	2.197	0.85	м	64/48	3.3	60/48	-	л. эл.	
	Y2 Hya	B8+B9*	2.268	0.75	с	81/46	3.2	98/71	-	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
4	TU Cam	A0+(A0-F0)*	2.933	0.47	б	73/33	2.5	81/26	1.8:	л. эл.	
	AS Cam	B8.5+B9.5	3.431	0.76	г	38/32	2.1	38/28	2(U),3	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
	RU Mon	B9+B9	3.585	0.96	-	35/35	2.0	31/30	9	л. эл.	
	β Aur	A1.5m+A3.2*	3.960	0.96	-	37/38	1.8	32/30	2:(U)	Параб.	Измен. луч. H α
	AR Aur	B9+A0	4.135	0.90	б	26/27	1.8	22/22	1	Параб.	
	WY Hya	A6+A6	0.716	(1)	б	80/80	10.2	113/113	1	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
	CM Lac	A3m+(F0)	1.605	0.78	-	45/48	4.5	49/47	6	л. эл.	
	HO Tel	A2+A5	1.613	0.90	м	70/60	4.5	82/69	1	л. эл.	Ослабл. луч. H α и Полн. спектр A.?
	RS Cha	A8+A9m*	1.670	0.98	м	72/65	4.4	65/75	1.7	л. эл.	
	TX Her	A5m+(F0)	2.060	0.90	-	42/41	3.5	40/36	5.7	Квазицикл.	

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	V477 Cyg	A3+(F6)	2.347	0.75	-	37/32	3.1	32/25	-	л. ап.	
	V805 Aql	A(4-5)+(A7)	2.408	0.81	M	51/41	3.0	47/35	-		
	Ww Aur	A4m+A5m	2.525	0.91	-	42/41	2.9	40/36	6		Полярнз.?
	EE Peg	A5m+(F5)	2.628	0.60	-	40/34	2.8	42/25	6		
	XY Cep	A5m+A7m	2.781	0.93	-	45/35	2.6	38/32	-		
	WX Cep	A2+A5	3.378	1:	M	67/45	2.2	30/40	-		
	V624 Her	A3m+A4m	3.895	0.90	M	44/48	1.9	36/30	-		
	MY Cyg	A7m+F2m*	4.005	0.99	-	38/36	1.8	29/27	-		
	YZ Cas	A3m+(F5)	4.485	0.59	-	35/24	1.6	30/16	-		
	RR Lyn	A7m+(F3)	9.994	0.72	-	22/17	0.7	13/10	-		
	HS Hya	F(3-4)+F(3-4)	1.568	0.96	M	44/41	4.6	42/39	9	л. ап.	
	BK Peg	(F9)+(F9)	2.744	0.89	-	30/24	2.6	36/29	9		
	RZ Cha	F5+FS*	2.832	1	M	50/50	2.5	39/41	1		
	VZ Hya	F5+FS	2.904	0.91	-	29/27	2.5	24/19	-		
	BS Dra	F5+FS	3.364	1	-	27/27	2.2	22/21	-		
	CD Tau	F6+FS	3.435	0.93	-	36/29	2.1	27/22	1		
	WZ Oph	F8+FS	4.184	1	-	24/24	1.7	17/16	-		
	ZZ Boo	F2+FS*	4.991	1	-	32/32	1.5	23/22	-		
	V1143 Cyg	F5+FS	7.641	0.97	-	16/16	1.0	9/8	-		Изм. лин. Регл. зв.
	EI Cep	F2+FOm	8.439	0.95	-	29/27	0.9	15/18	9		
	TV Cep	F2+FS	9.103	0.95	-	16/14	0.8	8/7	6		
	UV Leo	GO+G2	0.600	0.93	C	82/76	12.1	98/96	1.3	Цикл.	
	RT And	F8+(K0)	0.629	0.67	C	80/68	11.6	105/72	2.3, 4.8	Параб	Эмисс. Call, X, Эмисс. Call, X, изм. вида линия
	ER Vul	GO+G5	0.698	0.98	C	80/76	10.4	92/86	1.2, 3.8		
	BH Vir	F9+(G2)	0.817	0.98	C:	72/70	8.9	71/73	3.5, 5.8		
	HP Aur	GO+(G4)	1.428	0.88	-	41/34	5.1	37/34	2.5		
	FL Lyr	GO+(K1)	2.178	0.67	-	32/30	3.3	32/24	2.9		
	TY Pux	G5+G5e	3.199	0.99	-	36/36	2.3	25/27	2.5		
	UX Men	G1+G1*	4.181	0.95	-	24/24	1.7	16/16	5		
	UU Lyn	F3+(K)	0.468	0.41	C	97/96	15.5	151/97	2		
	ZZ Aur	A5+(G0)	0.601	0.34	C	91/81	12.1	148/94	4:		
	HS Her	B5+(A4)	1.637	0.34	-	55/49	4.4	87/50	4		
	IQ Per	B8p+(A(2-7))	1.744	0.58	M	55/44	4.2	67/41	9		
	BH Dra	AO+(F(3-8))	1.817	0.43	-	46/50	4.0	61/42	5:		
	ZZ Cep	B7+(F0)	2.142	0.46	-	56/65	3.4	74/60	4: 10		
	TX Leo	A2+(G6)	2.445	0.38	-	63/60	3.0	71/44	10		
	EK Cep	AO+(G1)	4.428	0.48:	-	19/23	1.6	20/17	-	л. ап.	
	α CrB	AO+(G6)	17.360	0.36	-	15/7	0.4	8/3	9		

Примечания к таблице 1.

Группа 1. (O9-B0.5).

АИ Сер (B0.5+B0.5). Наблюдения Гаффера и Эггена, 1947 (без фильтра), Некрасовой, 1960 (с, ж), Бондаренко, 1978 (B, V), Майера, 1980 (B, V). Наблюдения Бондаренко плохого качества и в дальнейшем не учитывались. Несмотря на близость главного компонента к его критической полости Роша, особых изменений на кривых блеска нет. Наибольшие деформации в минимумах не превышают 0^m01 . Есть неравенство максимумов тоже в 0^m01 . Отмечаются изменения периода (Гварнери, 1975).

V478 Cyg (B0.5+B0.5). Наблюдения Поппера и Дюмонта, 1977 (B, V, график) и Сезера и др., 1982 (B, V, график). Кроме "плеч" у I-II никаких деталей в масштабе графиков рассмотреть нельзя.

У Cyg (O9.8+O9.8). Наблюдения Зайцевой и Лютого, 1971 (U, B, V) и по международной программе, О'Коннелл, 1977 (B, V). Система стационарна.

CC Cas (O9+O9). Наблюдения Бинзела и Гартигана, 1979, 1979-80 (V) и Гильдича (график в работе Бинзела и Гартигана) (u, v, b, y). Рассеяние наблюдений до 0^m07 . II-I выше I-II на 0^m04 , минимумы асимметричны и, возможно, изменяются по глубине (у разных авторов глубины Min разные). Отмечено радиоизлучение (Гибсон, Гелминг, 1974).

V453 Cyg (B0.5+B0.5). Наблюдения Кохена, 1974 (U, B, V) и Вахмана, 1974 (U, B, V, график). На кривой блеска Кохена около I-II "плечи" и, возможно, вся кривая изменяется вне минимумов в пределах 0^m01 . Для точного суждения нужны новые наблюдения.

Группа 2. (B1-B6)+(B1-B9).

IM Mon (B5+(B8)). Наблюдения Гама, 1951 (4400 Å) и Саянла и др., 1965 (B, V). Рассеяние на некоторых фазах кривой блеска больше, чем на других. Кривые блеска не повторяют от ночи к ночи свою форму на фазах 0^P1-0^P2 и 0^P6-0^P8 ; II-I у Гама на 0^m01 ниже, чем I-II. В оба периода наблюдений на фазе 0^P10-0^P11 "плечо". II асимметричен. Период меняется. II по спектрам и по характеру нестационарности IM Mon сходна с MR Cyg.

VV Ori (B1+B(4-9)). Наблюдения Гаффера и Копала, 1951 (без фильтра), Дюрбека, 1976 (U, B, V), Чамблисса, 1982 (U, B, V, u, v, b, y), Штона, 1975 (B, V). У Дюрбека на фазе 0^P65 зарегистрировано ослабление блеска в 0^m01 , в таких же пределах расходятся отдельные ночи у Чамблисса. В I деформировано дно. Элементы разных авторов расходятся, минимумы в U и u не представляются элементами, полученными во всех других лучах.

MR Cyg (B3+(B9)). Наблюдения Лаврова, 1965 (4400 Å), Холла и Гарди, 1970 (B, V), Баттистини и др., 1972 (B, V). Наблюдения отдельных ночей расходятся на 0^m015 у Холла и Гарди, на 0^m03 у Баттистини и др. и еще больше у Лаврова. Сравнивать кривые блеска можно, совмещая глубину II, так как она в лучах B и

4400 Å одинакова. В синих лучах I симметричен лишь у Лаврова, где он уже, чем у других. У Баттистини восходящая ветвь $M_{\text{in}} I$ круче нисходящей, а у Холла и Гарди, наоборот. На кривой Баттистини и др. от фазы $0^{\text{P}}.25$ до II блеск понижен на $0^{\text{m}}.02$, как по сравнению с кривыми других наблюдателей, так и с его собственной кривой на симметричных по отношению ко II фазам. Нисходящая ветвь II более пологая, чем восходящая во всех наблюдениях. Глубина I и его форма у дна меняются. На всех кривых около фаз $0^{\text{P}}.01-0^{\text{P}}.013$ "плечо". На рис. 9 графически изображено различие кривых блеска в В-лучах в разные годы. Возможны изменения периода.

AQ Mon (B3+B5). Наблюдения Кандпала и Сриваставы, 1976 (U, B, V). Рассеяние наблюдений до $0^{\text{m}}.06$. Если наблюдения в U реальны (рассеяние до $0^{\text{m}}.1$), то II-I на $0^{\text{m}}.05$ ниже I-II с понижением ко входу в I. Нестационарность под вопросом.

б Aq1 (B3+B(3-5)). Наблюдения Вайли, 1922 (без фильтра). Рассеяние наблюдений очень велико. Можно утверждать только, что есть неравенство максимумов и, возможно, "плечи".

CV. Vel (B2.5+B2.5). Наблюдения Клаузена и Гронбека, 1977 (u, v, b, y). Система стационарна.

Группа 3. (B8-A0)+(B8-A0).

AD And (A0+A0). Наблюдения Руцинского, 1966 (ж.). Очень большое рассеяние наблюдений с систематическими изменениями вида пульсаций до $0^{\text{m}}.05$. Руцинский и О'Коннелл заподозрили переменность одного из компонентов. Возможно циклическое изменение периода.

MN Cas ((B9-A0)+A1). Наблюдения Лаврова, 1968 (без фильтра) и Грауэра и др. (1976) (U, B, V). У Лаврова очень большое рассеяние наблюдений и сдвиг между сезонами, у Грауэра и др. рассеяние намного меньше. Видны "плечи" около II и на выходе I, особенно выраженные в синих лучах. У дна I деформация, как при затмении пятна.

V451 Oph (A0+A2). Наблюдения Колацевича, 1952 (4200 Å). Система стационарна.

χ^2 NuA (B8+B9). Наблюдения Мaudера и Келера, 1969 (B, v, b, график) и Клаузена и Нордстрем, 1978 (u, v, b, y, график). Система стационарна.

TU Cam (A0+F0) (IV-V). Наблюдения Веста, 1968 (B, V). Сдвиг между ночами не превосходит $0^{\text{m}}.01$, деформации по всей кривой блеска не больше, однако, явно существуют, особенно на ветви I-II. На фазах $0^{\text{P}}.36$ и $0^{\text{P}}.60$ "плечи". Вест считает, что в системе есть околозвездная материя, что совпадает и с нашим заключением.

RU Mon (B9_p+B9). Наблюдения Мартынова и др., 1973 (B, V). В 1969 г. все наблюдения располагаются на $0^{\text{m}}.05$ в B и на $0^{\text{m}}.025$ в V ниже, чем в 1970-71 г. из-за изменения уровня блеска со временем. В две ночи, до и после которых никаких пертурбаций не было, наблюдалось ослабление блеска, достигавшее $0^{\text{m}}.15$ в B, но оба раза в течение

ние четырех часов блеск возвращался к нормальному уровню. Причина ослабления осталась не выясненной. Система отнесена к особенным.

Группа 4. (A2-A8)+(A5-F).

WY Нуа (A6+A6). Наблюдения Карра, 1971 (U, B, V). На кривой блеска с большой эллипсоидальностью лишь одна деталь — "плечо" на выходе из I, причем, из сравнения I-II с II-I явствует, что оно образовано как уменьшением, так, ближе к контакту, и увеличением блеска.

HO Tel (A2+A5). Наблюдения Споелстры и Ван Отена, 1972 (W, U, L, B, V). На I-II "плечи", больше заметные в коротких длинах волн.

XY Set (A5_m+A7_m). Наблюдения Моррисонов, 1968 (B, V) и Падали и Сриваставы, 1975a (U, B, V). Система стационарна.

V624 Hcr (A3_m+A4_m). Наблюдения Писселя, 1972 (V). Рассеяние наблюдений велико, но равномерно вдоль кривой блеска. Отнесена к стационарным.

MY Cyg (A7_m+F2_m) (IV-V). Наблюдения Виллиамона, 1976 (U, B, V) (вне минимумов лишь нормальные точки). Рассеяние наблюдений больше, чем у звезд сравнения. Возможно вращение линии апсид.

Группа 5. (F+F).

HS Нуа (F(3-4)+F(3-4)). Наблюдения Гильденкерне и др., 1975 (u, v, b, y). На кривой блеска в u на II-I и нисходящей ветви I явно видны колебания с амплитудой 0^m03 и периодом 1^h5. Они прослеживаются и на v кривой, но с амплитудой гораздо меньшей. На I-II колебания не заметны, но рассеяние наблюдений не меньшей величины. Авторы считают, что средняя квадратичная ошибка одного наблюдения такая же, как у звезд сравнения, но выраженная цикличность заставляет подозревать переменность звезды. Зависимость от цвета не позволяет отнести ее к какому-либо известному виду пульсаций. Если это не пульсация, то причина, вызывающая эффект, находится на впереди идущей полусфере спутника. Отнесена к особенным. На рис. 8 представлены кривые блеска HS Нуа в u и v лучах.

BK Psc ((F9)+(F9)). Наблюдения Поппера и Дюмонта, 1977 (U, B, V, график). Согласно авторам, наблюдаются систематические различия кривых блеска от ночи к ночи, но на вид кривая блеска спокойная. Отнесена к стационарным.

RZ Cha (F5+F5) (IV-V). Наблюдения Норгенсена и Гильденкерне, 1975 (u, v, b, y). Система стационарна.

CD Tau (F6+F6). Наблюдения Сриваставы, 1976 (B, V), Гюльмена, 1980 (U, B, V), Вуда, 1976 (u, v, b, y, график). По самым лучшим наблюдениям II-I ниже I-II. Причина не ясна. Согласно Вуду возможно изменение периода. Отнесена к стационарным.

V1143 Cyg (F5+F5). Наблюдения Сноудена и Коха, 1969 (U, B, V). Система стационарна.

TV Set (F2+F4.5). Наблюдения Норгенсена, 1979 (u, v, b, y) и Поппера и Дюмонта, 1977 (U, B, V, график). Система стационарна.

Группа 6. (F8-G)+(G-K).

HP Aur (G0+(G4)). Наблюдения Майнунгера, 1980 (B, V). Система с явно выраженной фотометрической волной. Уровень блеска вне минимумов дополнительно изменяется на несколько сотых звездной величины, особенно на выходе из II. В разные ночи форма II разная.

TU Pux (G5e+G5e). Наблюдения Вивекананды, 1981 (B, V), Андерсена и др., 1981 (u, v, b, y) и Антрополо, 1983 (I, H, K). Вивекананда не нашел изменений блеска вне минимумов, Андерсен и др. зарегистрировали явную волну глубиной в 0^m03 , подтвержденную Антрополо. Отмечаются также нерегулярные колебания блеска. В спектре есть эмиссия Ca II, Mg II; верхняя граница X-свечимости на 3-4 порядка выше солнечной; возможно радиоизлучение (Андерсен и др., 1981), (Вальтер и др., 1980).

UX Men (G1+G1). Наблюдения Клаузена и Гронбега, 1976 (u, v, b, y). На II-I волна, минимум которой занимает почти половину ветви и имеет глубину 0^m025 ; на выходе из I деталь в виде углубления в 0^m02 в u и v. На протяжении 6.5 периодов обращения эти деформации не изменялись. Возможно, есть асимметрия II — понижение восходящей ветви волной. Система скорее всего с активностью типа солнечной.

Группа 7. (B-F)+(F-G).

UU Lyn (F3+(K)). Наблюдения Ямасаки и др., 1983 (B, V). Рассеяние наблюдений до 0^m05 , но авторы считают, что происходит оно из-за плохой прозрачности земной атмосферы. II-I в V на 0^m01 , а в B — на 0^m02-0^m03 ниже, чем I-II. Интерпретация в духе пятнистости вряд ли подходит, так как свет спутника на кривую блеска не влияет.

ZZ Aur (A5+(G0)). Наблюдения Лиу и др., 1983 (U, B, V, график). Рассеяние наблюдений до 0^m06 . На восходящей ветви II между фазами 0^P55-0^P62 точки лежат на 0^m03 ниже хода ветви.

IQ Per (B8p+A(2-7)). Наблюдения Холла и др., 1970 (U, B, V). Особенная кривая блеска: странная асимметрия II — с уменьшением длины волны нисходящая ветвь его приближается к середине минимума. Пекулярность спектра не подтверждена Юнгом, возможно она спорадическая.

VN Dra (A+F(3-8)). Наблюдения Явуза, 1968 (B, V). Большое рассеяние наблюдений — 0^m03-0^m05 , сдвиг наблюдений отдельных ночей 0^m025 , но скорее всего из-за плохого учета прозрачности земной атмосферы, так как звезда сравнения K0. Нестационарность под вопросом.

TX Leo (A2+(F2)). Наблюдения Кандпада и Сриваставы, 1968 (B, V). Рассеяние наблюдений до 0^m06 в V, но сдвига между ночами нет. Форму кривой блеска точно установить нельзя. Отнесена к стационарным.

EK Ser (A0+(G6)). Наблюдения Эббигхаузена, 1966 (B), 1984 (V, R) и Халиуллина, 1983 (V). Система стационарна.

а CrB (A0+(G6)). Наблюдения Крона и Гордон, 1953 (красные лучи). Вне минимумов изменения блеска в 0.^m02 в нормальной кривой: блеск больше среднего перед II и меньше — после него. Поскольку период очень большой, причина изменений не ясна. Главная звезда очень быстро вращается. Отнесена к особенным.

Ниже описаны особенности кривых блеска систем, исследованных раньше в нашей работе (Боцула, 1984), если они оказались отличными от рассмотренных там особенностей.

TT Aur (B3+B6.8). Наблюдения Белла и Гильдича, 1984 (B, V). Высокоточные наблюдения подтверждают, что система стационарна.

ζ Phe (B6+B8). Наблюдения Клаузена и др., 1976 (u, v, b, y). Хотя эти наблюдений уже и рассматривались, было сочтено, что на кривых блеска есть маленькие "плечи".

A-R Aur (B9 +A0). Наблюдения Иогансен, 1970 (U). II—I выше, чем I—II на ~ 0.^m015, но рассеяние наблюдений велико.

BN Vir (F9+G2). Наблюдения Гофмана, 1982 (B, 5125 Å, 5170 Å). В I и на фазе 0.^p75 смещение отдельных ночей. Асимметрия I. "Эффект отражения" с обратным знаком. Глубина I меняется за несколько дней на 0.^m1. На узкополосных кривых после III до фазы 0.78 блеск понижен на 0.^m07.

ER Vul (G0+G5). Наблюдения Кадоури, 1981 (B, V, R, график), Цейлика и др., 1982a,b (U, B, V, R, график). Согласно авторам, изменения кривых блеска происходят за одну неделю. Большое рассеяние наблюдений и колебательный характер кривой блеска на отдельных участках. Как и в более ранних наблюдениях, есть "плечи" на выходе из минимумов, особенно выраженные в R. Более низким стал максимум I—II. Зарегистрирована эмиссия Ca II и X-излучение (Вальтер и др., 1980).

Таблица 2.

Неравенство высот максимумов

Гр.	Сист.	Выс. макс.	Δm	"Плечи"	элл.	Фильтр	Примечания
1	AM Cep	II—I	0.01	—	б	B, V	Большое расс. набл.
	CC Cas	II—I	0.04:	?	б1	B	
2	IM Men	I—II	0.01	есть	б2	B	Оц.большое расс. набл.
		0					
	A0 Men	I—II	0.05:	—	м	U	
	σ Aql	II—I	0.015	есть	с	Без ф.	
3	AR Cas	II—I	0.015	—	—	B	Большое расс. набл.
	AS Com	I—II	0.025	—	—	U	
	AR Aur	II—I	0.015	—	—	U	
5	CD Tau	I—II	0.01	—	—	B	Большое расс. набл.
6	ER Vul	II—I	0.01	есть	б	B, V	
		I—II				R, U	
	HP Aur	II—I	0.06	—	—	B	
	TY Pux	II—I	0.03	—	—	B, V	
7	UU Lyn	I—II	0.02	?	б	B	

Характеристики "звезд".

Таблица 3.

Гр.	Система	Спектр	Элл.	Фаза	Протяж. в фазах	Глубина	Форма пл. вып. ст.	Фильтр
1	V 478 Cyg	B 0.5+B 0.5	c	P 0.12, P 0.38	P 0.05, P 0.05	0.01	+	B, V
	V 453 Cyg	B 0.5+B 0.5*	c	0.125, 0.38	0.05, 0.05	0.01, 0.003	+	B, V
	1 M Men	B 3+(B 8)	b	{ 0.10, 0.365 0.61; 0.115 0.12	0.03, 0.03 0.05 0.05 0.05	0.01, 0.005 0.005 0.01 0.005	+	B
2	V V Ori	B 1+(B (4-9))	c	0.68	0.03	0.01	+	B
	V 539 Ape	B 3+B 4	M	0.11, 0.39		0.005	+	V, U
	U. Phe	B 6+B 8	M	0.11	0.03	0.015	+	V, U
	U. Oph	B 4+B 5	c	{ 0.38, 0.63 0.88, 0.10 0.64, 0.87 0.88, 0.38 0.13 0.58	0.03, 0.05 0.06, 0.06 0.04, 0.04 0.01 0.01	0.025, 0.01 0.02, 0.015 0.005, 0.02: 0.025 0.015	+	B
	MR Cyg	B 3+(B 9)	b	0.41	0.87, 0.02	0.015, 0.01	?	Без ф.
3	σ Aql	B 3+B 5	c	0.89, 0.10	0.03, 0.02	0.015, 0.01	+	c
	CO Loc	B 8.5+B 9.5*	M	{ 0.37 0.64, 0.86 0.36, 0.60 0.16 0.125, 0.35: 0.38, 0.61 0.87, 0.11 0.40, 0.060 0.905, 0.10 0.39, 0.60 0.37, 0.63 0.885 0.65 0.385, 0.13 0.115, 0.63 0.14, 0.62 0.62, 0.87 0.10, 0.92 0.51	0.025 0.035, 0.035 0.06, 0.04 0.05 0.05, 0.05 0.04, 0.04 0.05, 0.03 0.025, 0.035 0.015, 0.03 0.04, 0.04 0.05, 0.05 0.04 0.03 0.03, 0.04 0.035, 0.03 0.08, 0.07 0.05, 0.07 0.02, 0.02	0.005, 0.01 0.005, 0.005 + 0.01, -0.01 0.01, 0.005: 0.02, 0.01 0.005, 0.007 0.005, 0.005 0.025, 0.025 0.015, 0.02 0.015, 0.015 0.015 0.015 0.005, 0.005 0.005, 0.005 0.01, 0.015 0.025, 0.02 0.01, 0.01 0.005	+	Б
	MN Cas	B 9+A 0	b			0.005, 0.01	+	B
4	TU Cam	A 0+(A 0+F 0)*	b			0.005, 0.01	+	B, V
	WY Hya	A 5+A 6	b			0.005, 0.005	+	B, V
	HD Tel	A 2+A 5	M			0.01, -0.01	+	B, V
	RS Cha	A 8+A 8 ^m *	c			0.01, 0.005: 0.02, 0.01 0.005, 0.007 0.005, 0.005 0.025, 0.025 0.015, 0.02 0.015, 0.015 0.015 0.015 0.005, 0.005 0.005, 0.005 0.01, 0.015 0.025, 0.02 0.01, 0.01 0.005	+	B, V
	UV Leo	G 0+G 2	c			0.015, 0.015 0.015 0.015 0.005, 0.005 0.005, 0.005 0.01, 0.015 0.025, 0.02 0.01, 0.01 0.005	+	B, V
6	ER Vul	G 0+G 5	b			0.015, 0.015 0.015 0.005, 0.005 0.005, 0.005 0.01, 0.015 0.025, 0.02 0.01, 0.01 0.005	+	U
						0.005, 0.005 0.005, 0.005 0.01, 0.015 0.025, 0.02 0.01, 0.01 0.005	+	B, V

Литература

- Аллен К.У., 1977 — *Астрофизические величины*, Москва, "Мир".
- Аль-Наими, 1978 — Al-Naimij H., *IBVS* No. 1481.
- Андерсен и др., 1981 — Andersen J., Clausen J., Nordstrom B., Reipurth B., *AsAp Suppl* **43**, N1, 141.
- Антрополоу, 1983 — Antropoulou E., *AsAp* **120**, 85.
- Барнес и др., 1968 — Barnes R., Hall D., Hardie R., *PASP* **80**, No. 472, 69.
- Баттистини и др., 1972 — Battistini P., Bonifazi A., Guarnieri A., *Astrophys. and Space Sci.* **19**, 395.
- Белл, Гильдич, 1984 — Bell S., Hilditch R., *MN* **211**, 229.
- Бинзел, Гартиган, 1979 — Binzel R., Hartigan P., *IBVS*, No. 1684.
- Бинзел, Гартиган, 1979–80 — Binzel R., Hartigan P., *JAAVSO* **8**, No. 2, 58.
- Броглиа, 1965 — Broglia P., *J. des Observ.* **48**, No. 6, 124.
- Бондаренко И., 1978, в кн. "Звездные скопления и двойные системы", Свердловск, Изд. Ур. Гос. Универ., стр. 155.
- Боцула Р.А., 1978 — Изв. АОЗ № 44, 170.
- Боцула Р.А., 1984 — Изв. АОЗ № 48, 3.
- Боцула Р.А., 1985 — Изв. АОЗ № 49, 62.
- Боцула Р.А., 1985а — Изв. АОЗ № 49, 57.
- Бэттен А., 1976, "Двойные и кратные звезды", Москва, "Мир".
- Вайли, 1922 — Wylie C., *ApJ* **86**, No. 4, 232.
- Вайяна, 1980 — Vaiana G., *Highlights Astron. (17-th Gen. Ass. IAU, Montreal, 1979)* **5**, 419.
- Вальтер и др., 1980 — Walter F., Cash W., Charles P., Bowyer S., *ApJ* **236**, 212.
- Вахман, 1974 — Wachmann A., *AsAp* **34**, 317.
- Вест, 1968 — West R., *BAN Suppl* **2**, 259.
- Вивекананда, 1981 — Vivekananda P., *Acta Astron.* **31**, 107.
- Виллиамон, 1975 — Williamon R., *AJ* **80**, No. 11, 976.
- Вилсон, Вудвард, 1983 — Wilson R., Woodward E., *Astroph. and Space Sci.* **89**, N1, 5.
- Вуд, 1971 — Wood D., *AJ* **76**, 701.
- Вуд, 1976 — Wood D., *AJ* **81**, No. 10, 855.
- Гам, 1951 — Gum C., *MN* **111**, No. 6, 634.
- Гаффер, Копал, 1951 — Haffer M., Kopal Z., *ApJ* **114**, N 2, 297.
- Гаффер, Эгген, 1947 — Haffer M., Eggen O., *ApJ* **106**, N 3, 313.
- Гварнери и др., 1975 — Guarnieri A., Bonifazi A., Battistini P., *AsAp Suppl.* **20**, 199.
- Гибсон, Елминг, 1974 — Gibson D.M., Hjellming R.M., *PASP* **86**, 652.
- Гильденкерне и др., 1975 — Gyldenkerne K., Jorgensen H., Carstensen E., *AsAp* **42**, 303.
- Гофман, 1982 — Hoffmann M., *AsAp Suppl.* **47**, No 3, 561.
- Грауэр и др., 1976 — Grauer A., Bell J., Cechini C., Dawson H., Durban M., Elliot C., Hankins W., Jones G., Maffett D., Medley M., Pittman C., Stone K., Tipton C., Tribbl T., *AJ* **81**, No 8, 665.
- Грей, 1982 — Gray D., *ApJ* **258**, No 1, 201.

- Гюльмен и др., 1980 — Gulmen O., Ibanoglu C., Gudur N., Bozkurt S., *AsAp Suppl.* **40**, No 2, 145.
- Гюдур и др., 1979 — Gudur N., Gulmen O., Ibanoglu C., Bozkurt S., *AsAp Suppl.* **36**, 65.
- Джеффрис, 1980 — Jeffreys K., *AsAp Suppl.* **42**, No 3, 285.
- Думитреску, 1973 — Dumitrescu A., *Studii si Cerc. de Astron.* **18**, No 1, 47.
- Дюрбек, 1976 — Duerbeck H., *AsAp Suppl.* **22**, 19.
- Зайцева Г., Лютый В., 1971, *АЦ* № 662, 1.
- Иогансен, 1970 — Johansen K., *AsAp* **4**, No 1, 1.
- Иоргенсен, Гильденкерне, 1975 — Jorgensen H., Gyldenkerne K., *AsAp* **44**, 343.
- Иоргенсен, 1979 — Jorgensen H., *AsAp* **72**, 356.
- Итон, 1975 — Eaton J., *ApJ* **197**, 379.
- Кадоури, 1981 — Kadouri T., *IBVS* No 2057, 1.
- Кандпал, Сривастава, 1976 — Kandpal C., Srivastava R., *Astron. and Space Sci.* **40**, 3.
- Кийокава, Китакура, 1975 — Kiyokawa M., Kitamura M., *Tokio Ann.*, S. II, XV, No 3, 117.
- Карр, 1971 — Carr R., *Goodsell Obs. Publ.* No 16, 21.
- Клаузен, Гронбек, 1976 — Clausen J., Gronbech B., *AsAp* **48**, 49.
- Клаузен, Гронбек, 1977 — Clausen J., Gronbech B., *AsAp* **58**, 131.
- Клаузен и др., 1976 — Clausen J., Gyldenkerne K., Gronbech B., *AsAp Suppl.* **23**, No. 2, 261.
- Клаузен, Нордстрем, 1978 — Clausen J., Nordstrom B., *AsAp* **67**, 15.
- Колацевич, 1952 — Colacevich A., *Capodimonte Contr.* II, 4, No. 12, 123.
- Кохен, 1974 — Cohen M., *AsAp Suppl.* **15**, 181.
- Крон, Гордон, 1953 — Kron G., Gordon K., *ApJ* **118**, No. 1, 55.
- Лавров М.И., 1965, *Бюлл. АОЗ*, № 38, 3.
- Лавров М.И., 1968 — Труды Казанской Городской АО, № 35, 81.
- Линский, 1981 — Linski J., "Solar Phen. in Stars and Stellar Syst." Proc. NATO Adv. Study Inst. Bonas, Dordrecht e.a. 1980, p. 99.
- Лиу и др., 1983 — Liu Q., Yang Y., Lu L., Wang B., *Acta Astron. Sinica* **24**, No 3, 217.
- Маклин, 1982 — McLean B., *MN* **201**, No. 2, 421.
- Майер, 1980 — Mayer P., *BAC* **31**, No. 5, 292.
- Майнунгер, 1980 — Meinunger L., *Sonn. Mitt.* **8**, H. 8, 121.
- Мартынов Д.П., 1973, *Сообщ. ГАИШ*, № 185, 3.
- Маудер, Келер, 1969 — Mauder H., Kohler U., *AsAp* **1**, 147.
- Моррисон, Моррисон, 1968 — Morrison D., Morrison N., *AJ* **73**, 777.
- Некрасова С.В., 1960, *ПЗ* **13**, № 3, 157.
- О'Коннелл, 1977 — O'Connell J., *Ricerche astr.* **8**, No. 29, 543.
- Падалия, Сривастава, 1975a — Padalia T., Srivastava R., *Astron. and Space Sci.* **38**, 79.
- Падалия, Сривастава, 1975b — Padalia T., Srivastava R., *Astroph. and Space Sci.* **32**, 285.

- Пиотровский и др., 1974—Piotrowski L., Rucinski S., Semeniuk I.,
Acta Astron. 24, No. 4, 389.
- Поппер, Дюмонт, 1977—Popper D., Dumont P., AJ 82, No. 3, 216.
- Рейнгардт, Брайнгорст, 1974—Reinhardt M., Breinhorst R., Acta
Astr. 24, No. 4, 377.
- Рущинский, 1966—Rucinski S., Acta Astron. 16, No. 4, 307.
- Саньял и др., 1965—Sanyal A., Mahra H., Sanwal N., BAC 16, No. 4, 209.
- Свечников М.А., 1969, Ученые записки Урала: Гос. Унив., сер. ас-
трон., вып. 5, № 89, 3.
- Сезер и др., 1982—Sexer C., Gudur N., Gulmen O., IBVS No. 2100.
- Семенюк И., 1967—Semeniuk I., Acta Astron. 17, No. 3, 223.
- Сноуден, Кох, 1969—Snowden M., Koch R., ApJ 196, No. 2, 667.
- Сноелстра, Ван Отен, 1972—Speelstra T., Van Houten C., AsAp
Suppl. 7, 83.
- Сривастава, Канджал, 1968—Srivastava R., Candpal C., BAC 19,
No. 6, 381.
- Сривастава, 1976—Srivastava R., Astroph. and Space Sci. 40, 15.
- Фукуда, 1982—Fukuda J., PASP 94, № 559, 271.
- Халиулли Х., 1983, AA 60, № 1, 72.
- Холл, Хаббард, 1971—Hall D., Hubbard G., PASP 83, 459.
- Холл, Гарди, 1970—Hall D., Hardie R., Dyer Repr. No. 17, 754.
- Холл и др., 1970—Hall D., Gertken R., Burke E., Dyer Repr., No. 55,
1077.
- Цейлик и др., 1982a—Zeilik M., Elston R., Schmolke P., Smith P.,
IBVS No. 2107.
- Цейлик и др., 1982b—Zeilik M., Back B., Batuski D., Burke S., Elston
R., Smith P., IBVS No. 2221.
- Циссель, 1972—Zissel R., AJ 77, No. 7, 610.
- Чамблисс, Леунг, 1982—Chambliss C., Leung K., ApJ Suppl 49, 531.
- Эббигхаузен, 1966—Ebbighausen E., AJ 71, No. 7, 642.
- Эббигхаузен, 1984—Ebbighausen E., AJ 89, No. 3, 1256.
- Явуз, 1968—Yavuz J., Hamburg Abhandl. 8, No. 5, 1.
- Ямасак и др., 1983—Yamasaki A., Okazaki A., Kitamura M., PAS
Japan 35, 131.

Астрономическая обсерватория
им. Энгельгардта

Получила в редакцию
25 марта 1986 г.