

Уровни блеска в системе V1343 Орла (SS 433)

Н.Е. Курочкин

По ~ 1230 V-наблюдениям SS 433 построены кривые распределения по звездным величинам. Выделяются по крайней мере 3 дискретных уровня, на которых чаще находится блеск системы. Эти уровни соответствуют модам на кривых распределения. Кривые распределения одномодны при фазах ψ $0^{\text{P}}.8 + 0^{\text{P}}.0 + 0^{\text{P}}.2$ прецессионного 162^{d} -периода, и многомодны при фазах ψ $0^{\text{P}}.3 + 0^{\text{P}}.8$. Уровни блеска связываются с дискретными системами поглощения (рассеяния) света. Переходы от одного уровня блеска к другому совершаются быстро, в пределах одного орбитального 13^{d} периода. В результате разные уровни блеска присутствуют обычно вместе на сводных кривых блеска или на кривых распределения (многомодность). Это объясняется скважностью поглощающих систем, которая составляет 10–50% и зависит от фаз ψ_{162} .

Light States in the System V1343 Aquilae (SS 433)

by N.E. Kurochkin

The magnitude distributions of SS 433 – V1343 Aql based on 1230 V observations have been reconstructed. At least three discrete magnitude states have been distinguished. These discrete states are conformed to modes of distribution curves: one mode within ψ_{162} ranges $0^{\text{P}}.8 + 0^{\text{P}}.0 + 0^{\text{P}}.2$, ψ_{162} being phases of the precession period 162^{d} , and two or more modes within $\psi_{162} \sim 0^{\text{P}}.3 + 0^{\text{P}}.8$. The magnitude states were connected with absorption or scattering clouds in and out of the system. The transitions from one to another states happened quickly, often within one orbital 13^{d} period. As a result light states were usually presented together in the summary light curve or in the magnitude distribution in the form of some modes and many fluctuations. The light states can be accounted for by variations of the absorption system filling-factor in the ranges of 50–90% dependently of 162^{d} period phase.

Основные закономерности в изменениях блеска SS 433 – V1343 Aql были замечены еще в ранних работах (Гладышев и др., 1980а, 1980б; Бочкарев и др., 1980; Черепашук, 1981). Не менее характерны для SS 433 флуктуации блеска, искажающие затменный характер явлений. Наиболее четкие затмения типа Алголя или β Лун наблюдаются в фазах $\psi \sim 0^{\text{P}}.9 + 0^{\text{P}}.0 + 0^{\text{P}}.2$ 162-дневного цикла. В этих фазах ψ блеск системы вне затмений максимален (так как диск, дающий заметный вклад в излучение системы, виден под большим углом); в других фазах ψ , когда диск поворачивается ребром, блеск SS 433 уменьшается. Возможно, при этом играет роль и увеличение общего поглощения

в системе. Амплитуда изменений среднего блеска по фазам ψ достигает $0.^m5$, и это позволяет найти прецессионный период только по фотометрическим данным (не привлекая наблюдений вариаций лучевых скоростей).

Мы использовали для анализа около 1230 наблюдений разных авторов в системе V из сводки, составленной В.П. Горанским (описание наблюдений см. в работе Гладышева и др., 1986). Были получены элементы для прецессии:

$$\text{Max } V = \text{JD } 2437000 + 162.^d71 \cdot E. \\ \pm 30$$

Период определен при помощи ЭВМ по программе автора (Курочкин, 1973). Исходная эпоха произвольна и отнесена далеко назад, чтобы получить независимую оценку эпохи максимума в интервале наблюдений $\text{JD} \sim 2444020 - 46400$. Независимо был определен также орбитальный период $13.^d07813 \pm 0.00050$.

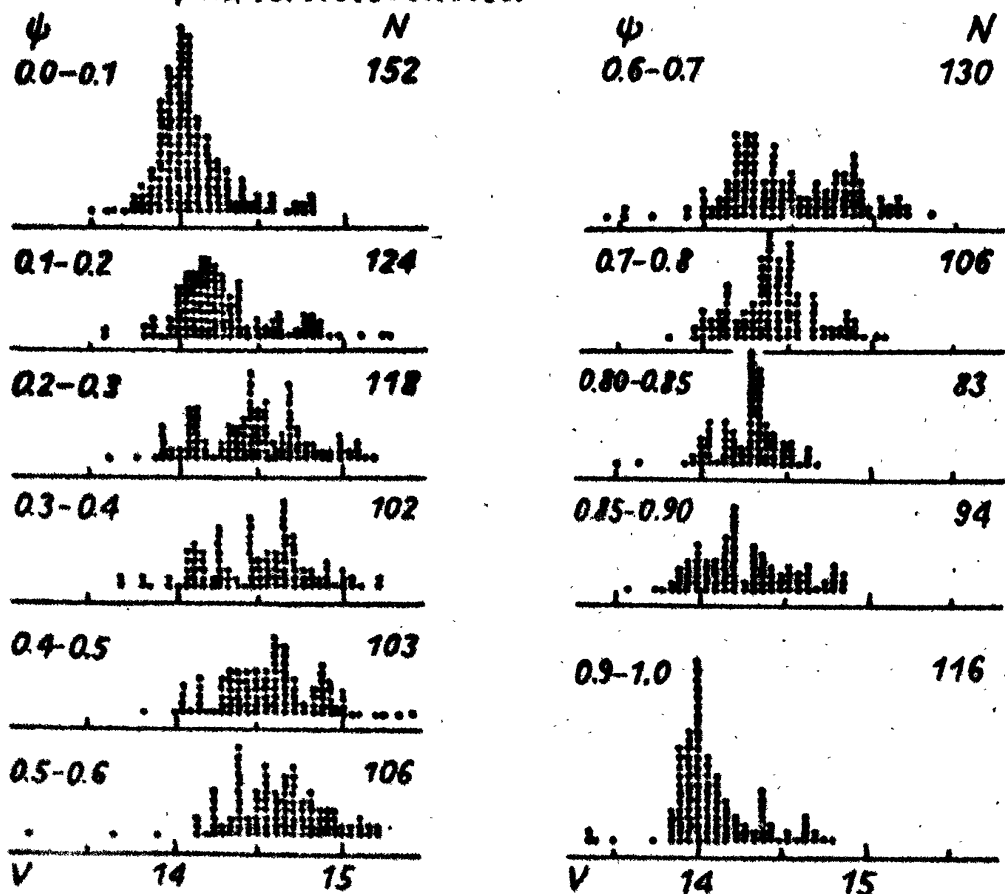


Рис.1.

Кривые распределения наблюдений по звездной величине дают дополнительную информацию о вероятностях состояний звезды при хаотических колебаниях. Как видно на рис. 1, они различаются для разных фаз $162.^d$ -периода. При фазах ψ $0.^d9 + 0.^d0 + 0.^d2$ звезда преимущественно бывает вблизи максимума $\sim 14.^m0$, чем подтверждается затмен-

ный характер системы. Соответствующие кривые блеска по фазам ϕ 13^d -периода даны на рис. 2.

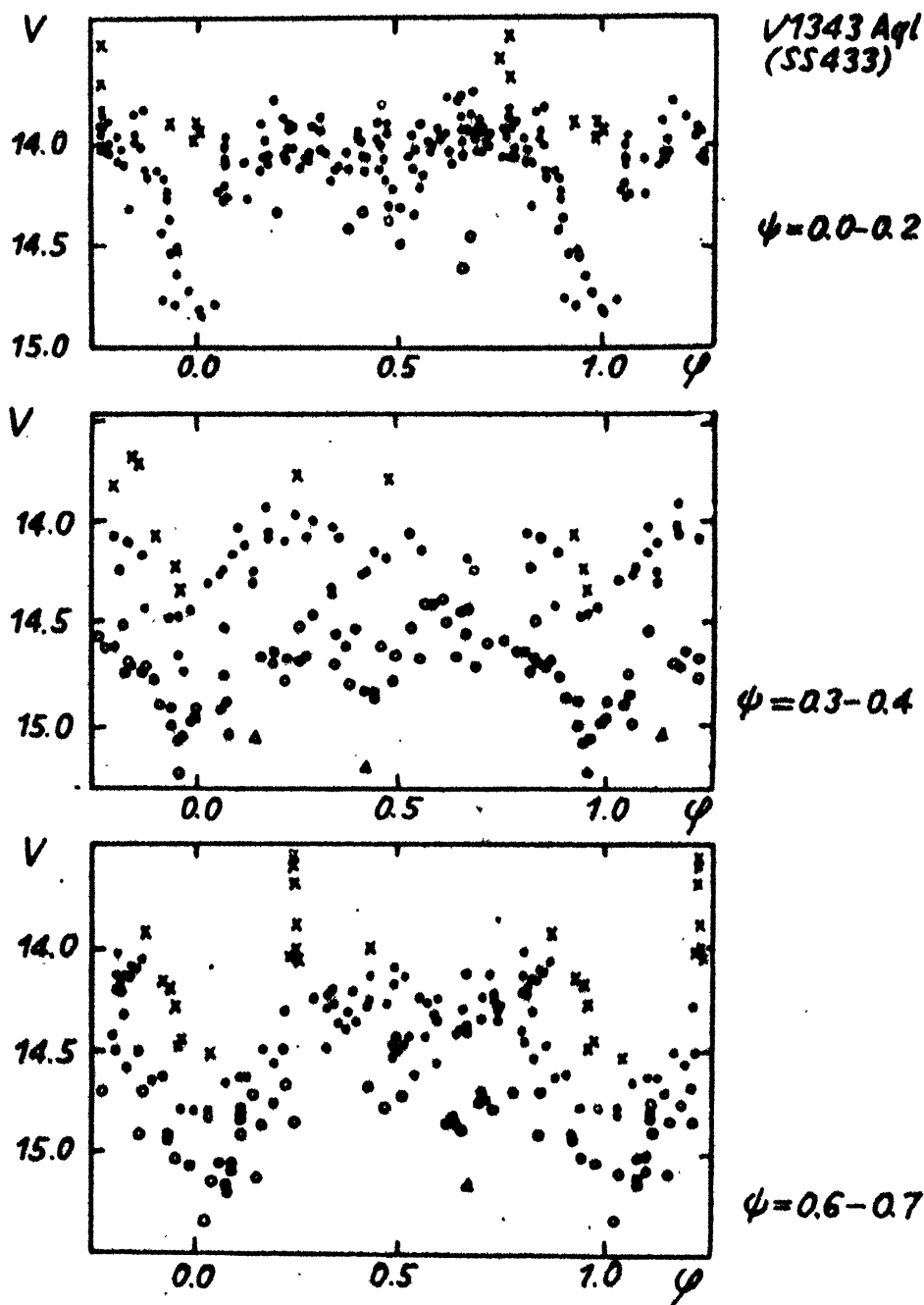


Рис. 2.

На рис. 1 и 2 характерно наличие ярких изолированных точек (отмечены крестиками на рис. 2), которые входят в число хаотических флуктуаций, искажающих четкую картину затмений. Они воспринимаются как "вспышки" вне затмений с $V < 13^m.8$ или как "противоречия" в минимумах блеска ("затмение отсутствует").

Вне фаз ψ $0^{\text{P}}.9-0^{\text{P}}.2$ кривые распределения имеют сложный двух- или трехмодный характер. Яркие изолированные точки встречаются во всех фазах ψ . Иногда наблюдаются ослабления до $14^{\text{m}}.8-15^{\text{m}}.0$ V даже вне обычных затмений. Последнее явно свидетельствует о существовании в системе изолированных поглощающих (или рассеивающих) облаков.

Яркие изолированные точки типа "вспышек" вместе с противоречиями в затмениях условимся несколько произвольно относить к первому уровню блеска системы. Нанесем эти точки на график по фазам ϕ 13^{d} -периода (рис. 3). Они показывают нечто похожее на синусоидальную кривую блеска (минимумы этой кривой совпадают с затмениями Min I и Min II). Легко показать, что эта кривая блеска фиктивна (в некотором смысле).

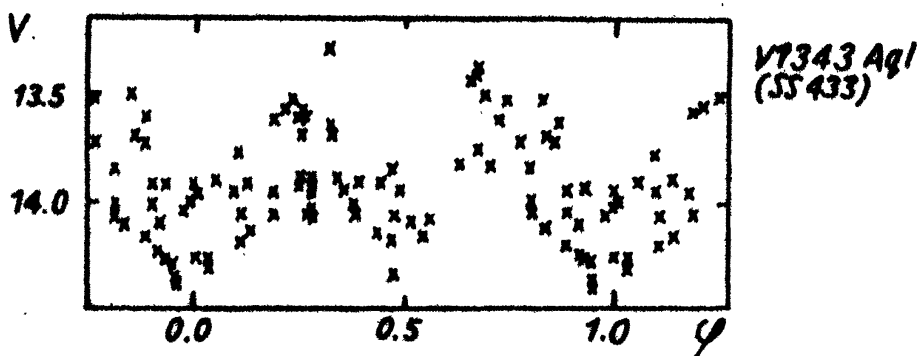


Рис. 3.

Возьмем точку вблизи яркого блеска, например, $13^{\text{m}}.6$. Она возникает в результате суммирования излучения системы вне затмения $\sim 14^{\text{m}}.0$ и некоторой "вспышки" "x". Легко получить отсюда, что $x \sim 14^{\text{m}}.6$, т.е. появление некоторого источника с блеском $\sim 14^{\text{m}}.5$ вместе с излучением системы создает суммарный блеск $13^{\text{m}}.6$. Возьмем другую точку — "противоречие" в минимуме $\sim 14^{\text{m}}.0$. В это время система находится в затмении и ее блеск был бы $\sim 15^{\text{m}}.0$. Следовательно, в минимуме появился дополнительный источник $\sim 14^{\text{m}}.5$. Таким образом, максимумы и минимумы на кривой рис. 3 возникают от появления источника почти стационарного (если не считать разброса) блеска.

Итак, либо вспышки в системе имеют примерно постоянную мощность и находятся вне системы (так как наблюдаются и при затмениях); либо, что кажется более вероятным, при "пооярчаниях" происходит "прояснение" в системе, разрывы в поглощающих слоях, и становится виден некоторый более или менее стационарный объект. Возможно, этим объектом является поверхность нормальной звезды, либо вся система в целом ("звезда плюс диск").

Кривые распределения рис. 1 позволяют выделить другие дискретные уровни блеска системы. В фазах ψ $0^{\text{P}}.9-0^{\text{P}}.0-0^{\text{P}}.2$ они одно-модны (имеют один выраженный максимум). В этих фазах кривая блес-

ка имеет четкий затменный характер. Блеск, соответствующий максимуму на кривых распределения в этих фазах, будем считать вторым (или основным) уровнем блеска системы. Уже в пределах фаз ψ $0^{\text{P}}.9$ – $0^{\text{P}}.2$ заметно, что основной уровень смещается, блеск в максимуме уменьшается при отходе фазы ψ от нуля (рис. 1) (это явление, обычно связывают с поворотом аккреционного диска — так становится виден все более наклоненный к лучу зрения).

В фазах ψ $0^{\text{P}}.3$ – $0^{\text{P}}.8$ выделить блеск системы на втором уровне не столь легко — кривые распределения становятся двух- трехмодными. В фазах ψ $0^{\text{P}}.2$ – $0^{\text{P}}.4$ и $0^{\text{P}}.6$ – $0^{\text{P}}.8$ двухмодность хорошо различима, в других фазах кривые распределения (и соответствующие им кривые блеска) более сложны (рис. 2). Выделяется третий уровень блеска системы — соответствующий максимум на кривой распределения на фазах $0^{\text{P}}.3$ – $0^{\text{P}}.8$ является более высоким, но имеет более слабый блеск. Система как бы более поглощена.

Блеск системы в различных модах представлен на рис. 4 в зависимости от фаз ψ 162^{d} -периода. С модами отождествляются разные уровни блеска системы, а также и разные уровни поглощения. Блеск системы в основном уровне (система II) превалирует в фазах вблизи ψ $0^{\text{P}}.0$, но существенно поглощен в других фазах ψ . В результате в промежуточных фазах ψ создается новый уровень блеска (система III); в фазах ψ $0^{\text{P}}.3$ – $0^{\text{P}}.8$ она является доминирующей на кривых распределения. Тем не менее система II всегда в той или иной степени присутствует (на кривых распределения это более яркий блеск по сравнению с модой системы III). Система II как бы "просвечивает" через поглощающую среду, создающую систему III (рис. 2).

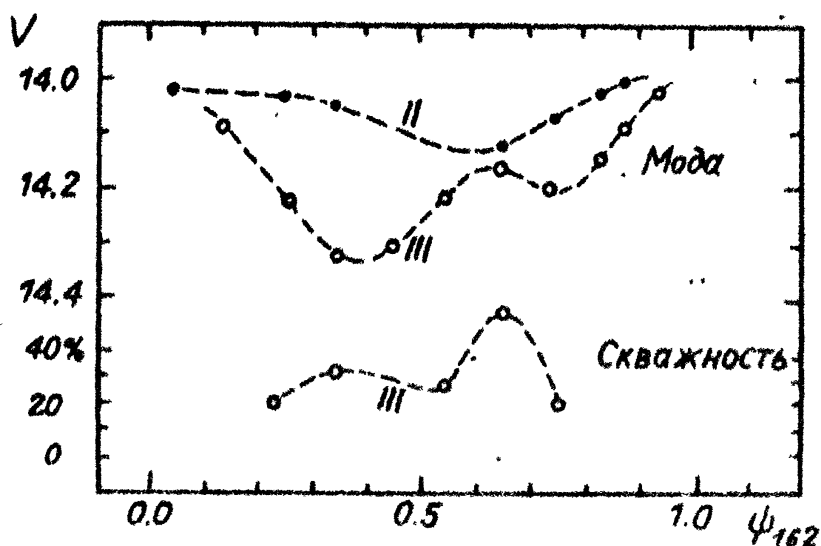


Рис. 4.

Мы приходим к представлению, что поглощающая (рассеивающая) среда в SS 433 обладает *скажностью* и состоит из ряда подсистем, ответственных за разные уровни блеска SS 433. Эти подсистемы все время сменяют друг друга в ходе прецессионного орбитального движения, что создает весьма хаотический характер вариаций

блеска. Отчасти уровни поглощения удается выделить по кривым распределения на рис. 1, поскольку им соответствуют переходы с одного уровня блеска на другой. Важно то, что несмотря на дисперсию в свойствах поглощающей среды, удается выделить дискретные уровни в изменениях блеска и в свойствах поглощающих элементов.

Скважность внешней поглощающей зоны можно оценить по вероятности яркого ($V < 13^m$) блеска и противоречий в минимумах. Она составляет $\sim 5-10\%$. Блеск основного (II) уровня меняется вследствие поворота аккреционного диска и за счет поглощения третьей поглощающей подсистемой. В результате возникает новая (III) система уровня блеска (рис. 4). Ее скважность оценивается по вероятности видимости уровня II и по кривым распределения находится в пределах 20–60% (при некоторой зависимости от фаз ψ (рис. 4)). Существование разных уровней блеска в системе SS 433 и разных поглощающих компонентов требует создания независимой и весьма дифференцированной модели. Возможно, в системе SS 433 имеются внешние рукава или кольца, охватывающие оба компонента. Внутренние рукава, связывающие звезду с диском, также являются не сплошными, но состоят из движущихся облаков различной плотности, проходящих через линию зрения. Наконец, и аккреционный диск, даже когда он виден "с ребра", не является сплошным. В результате создаются быстрые флуктуации блеска, переходы блеска с одного уровня на другой в короткие промежутки времени (порядка часов или дня). Возникают сложные явления в изменениях блеска SS 433, затрудняющие интерпретацию и построение моделей.

Расщепление уровней на рис. 1 и 2 произведено в какой-то степени произвольно. В данном случае трудно дать какие-либо правила разделения состояний, если они перемешаны на кривой блеска (как в некоторых промежуточных фазах ψ). Более четкое разделение уровней блеска мы находили в системе HZ Her (Курочкин, 1975). Таким образом, скважность поглощающих систем и диска является распространенным явлением в двойных рентгеновских системах. Детальные наблюдения поведения блеска системы на разных уровнях, особенно, переходов с одного уровня на другой, может дать материал для построения модели диска, рукавов и других поглощающих и рассеивающих свет структур в двойных рентгеновских звездах.

Литература

- Бочкарев и др., 1980 — Бочкарев Н.Г., Карицкая Е.А., Курочкин Н.Е., Черепашук А.М., АИ № 1147.
 Гладышев и др., 1980а, б — Гладышев С.А., Горанский В.П., Курочкин Н.Е., Черепашук А.М., АИ № 1146, № 1146.
 Гладышев и др., 1986 — Гладышев С.А., Горанский В.П., Черепашук А.М., АЖ 64, № 5, 1037.
 Горанский В.П., 1986, АИ № 1422.
 Курочкин Н.Е., 1973, ПЗ 19, № 2, 117.
 Курочкин Н.Е., 1975, ПЖ 1, № 7, 27.
 Черепашук А.М., 1981 — Cherepashchuk A.M., MN 194, 761.

Гос. астроном. ин-т
 им. П.К. Штернберга

Поступила в редакцию
 11 марта 1986 г.