

Зональный характер активности и осевое вращение RW Возничего

И. М. Ищенко

Предложен статистический метод определения периода осевого вращения неправильных переменных звезд по большим рядам оценок блеска. Метод основан на предположении о существовании зонального характера активности звезды. Допускается, что зоны активности неравномерно распределены по поверхности звезды и обладают относительной устойчивостью. Правильность этого предположения может быть проверена по изменению вида функций распределения блеска звезды, построенной раздельно для спокойных и активных промежутков времени в жизни звезды. В первом случае она должна обладать большей асимметрией, чем во втором, что и подтверждено полученными функциями распределения.

Эффективность метода проверена путем применения его для независимого определения периода осевого вращения Солнца, для которого хорошо известен как зональный характер активности, так и период осевого вращения. Определение периода выполнено по двум индексам солнечной активности: суммарной суточной площади солнечных вспышек и числам Вольфа. В обоих случаях получена величина, равная 27^d , хорошо согласующаяся с известными данными для синодического периода осевого вращения Солнца.

Метод применен для обработки шести наиболее продолжительных и плотных рядов наблюдений блеска RW Возничего. Получено значение периода осевого вращения, равное 100^d . Период, по-видимому, относится к яркому G-компоненту двойной системы.

Zonal Character of Activity and Axial Rotation of RW Aurigae

by I.M.Ishchenko

A statistical method is proposed for the determination of the period of the axial rotation of irregular variable stars from the long series of brightness estimations. The method is based on the supposition of the existence of zonal character of stellar activity. It is supposed that the zones of activity are irregularly distributed over the surface of a star and possess relative stability. Correctness of these suggestions may be checked by means of changing the kind of the distribution function of the star's brightness made separately for the calm and active periods of star's life-time. In the first case it should have greater assymetry than in the second one which is shown by the received distribution functions.

The efficiency of the method is proved by using it for the independent determination of the period of the solar axial rotation, for which both the zonal character of activity and the period of axial rotation are known. The determination of the period is made by two indices of the solar activity—total daily area of solar flares and Wolf's numbers. In both cases the value of 27^d was obtained which is in good agreement with the well known data for the synodic period of the solar axial rotation.

The method was used for the treatment of the six longest and most dense series of observations of the brightness of RW Aur. We obtained the period of axial rotation of 100^d . This period seems to be in relation with the bright G-component of the double system.

При анализе неправильных переменных звезд обычно рассматриваются изменения блеска звезды как целого. Однако, можно предположить, что изменения активности звезды связаны с отдельными зонами, которые не обязательно равномерно распределены на поверхности звезды. Существование асимметрии в распределении активных зон на поверхности звезды и их относительная устойчивость открывает принципиальную возможность определения периода осевого вращения из статистической обработки больших рядов оценок блеска. Обычные приемы поиска периодов, применяемые при обработке наблюдений блеска переменных звезд, в данном случае совершенно непригодны, так как они предполагают существование устойчивой начальной фазы. Прием, который дает возможность определения периода и при неустойчивой начальной фазе, является метод скользящих разностей (Ищенко, 1964).

Метод очень прост — строится зависимость среднего значения разности блеска, выраженной в интенсивностях, от интервала времени. Для интервала времени, равного периоду осевого вращения, должен обнаруживаться минимум на монотонно возрастающей кривой. Глубина минимума, по-видимому, должна сильно зависеть от величины асимметрии распределения активных зон на поверхности звезды и от их устойчивости.

Однако, прежде чем применять эту методику к наблюдениям переменных звезд, желательно проверить правильность выдвинутых предположений. Очень удобно это можно осуществить по наблюдениям Солнца, так как для него хорошо известен как зональный характер активности, так и период осевого вращения.

Определение периода вращения Солнца методом скользящих разностей было выполнено по двум индексам солнечной активности — солнечным вспышкам и числам Вольфа.

Данные о солнечных вспышках взяты из квартального бюллетеня солнечной активности Юнеско (1966—1969). В качестве индекса использован суммарный балл площади всех вспышек за сутки: субвспышки принимались за единицу, а к баллам 1, 2 и 3 прибавлялась единица. Результаты вычислений приведены на рис. 1 (верхняя кривая). Каждая

точка кривой вычислена по 1000 разностей. Для обработки использованы наблюдения в интервале J.D. 2439300–2440379. На том же рисунке нижняя кривая получена по средним разностям чисел Вольфа. Для вычислений использованы данные Вальдмайера (1961) в интервале J.D. 2448500–2449079. Каждая точка получена путем усреднения 500 разностей. Шкала разностей чисел Вольфа нанесена справа.

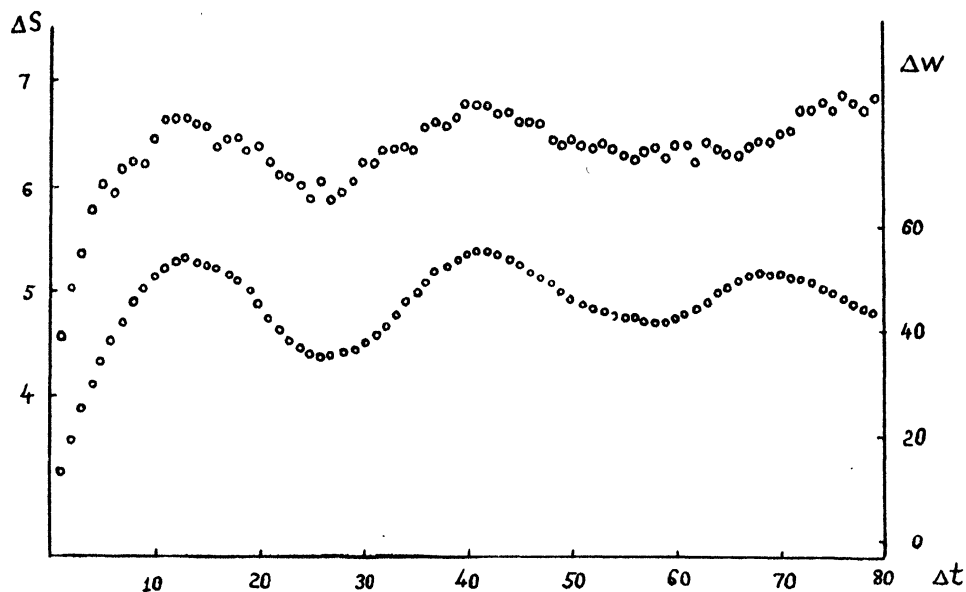


Рис.1

На обеих кривых (Рис. 1) прослежены разности до 79^d , т.е. охватывающие более двух периодов осевого вращения Солнца. Обе кривые показывают четко выраженный минимум, приходящийся на интервал 27^d . Этот интервал соответствует хорошо известному синодическому периоду осевого вращения Солнца. Прослеживается и второй минимум, однако он менее четко выражен и приходится на интервал Δt , несколько больший удвоенной величины периода. По-видимому, это связано с уменьшением относительной стабильности активных зон с увеличением интервала времени. По меньшей случайной ошибке и меньшему смещению и размытости вторичного минимума нижней кривой можно заключить о том, что числа Вольфа являются более устойчивой характеристикой солнечной активности.

Интересно попытаться найти обоснование предположения о зональном характере активности звезды. Таким доказательством, по-видимому, может служить изменение вида функции распределения, построенной для спокойных и активных промежутков времени в жизни звезды. Для интервалов времени, в течение которых звезда слабо меняет свой блеск, функция распределения должна иметь заметную асимметрию; напротив, для промежутков времени большой активности она

должна приближаться к симметричной. Для проверки этого предположения также удобно использовать солнечные данные, т. к. зональный характер солнечной активности хорошо известен.

Асимметрию функции распределения и ее знак легко можно представить для пятнообразовательной деятельности Солнца во время минимумов активности. При низкой активности промежутки времени, в течение которых на поверхности Солнца наблюдаются пятна, чередуются с длительными периодами их полного отсутствия. При вычислении среднего значения числа пятен мы получаем небольшую величину. Уклонения от среднего будут иметь заметную асимметрию — большое число малых отрицательных отклонений и незначительное число больших положительных. Таким образом, функция распределения будет иметь крутую восходящую ветвь, максимум, смещенный в сторону отрицательных значений, и нисходящую ветвь, далеко простирающуюся в сторону положительных значений.

С повышением активности пятнообразовательной деятельности количество групп пятен увеличивается, они начинают перекрывать друг друга, и форма функции распределения должна приближаться к симметричной.

Для проверки правильности рассмотренных положений строились функции распределения по среднемесячным значениям чисел Вольфа для двадцати лет наблюдений вблизи минимумов (за 1755–1954 гг., Рис. 2), и двадцати лет вблизи максимумов (за 1750–1957 гг., Рис. 3). Все приведенные в данной статье функции распределения нормированы. Пунктиром показаны нормальные кривые. На приведенных графиках обнаруживается хорошо заметное различие асимметрии кривых в указанном смысле.

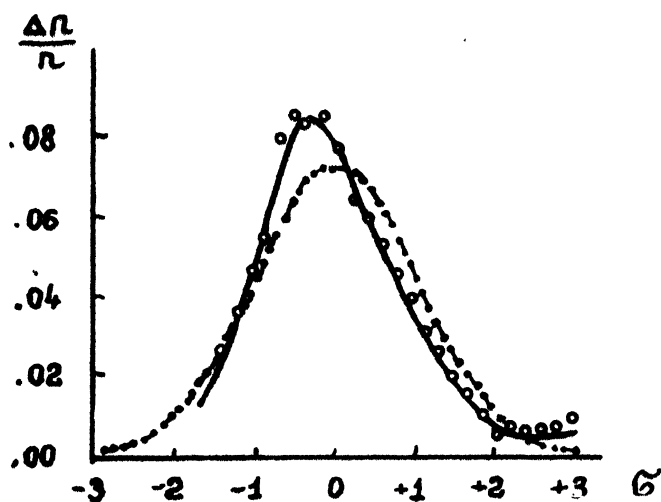


Рис. 2

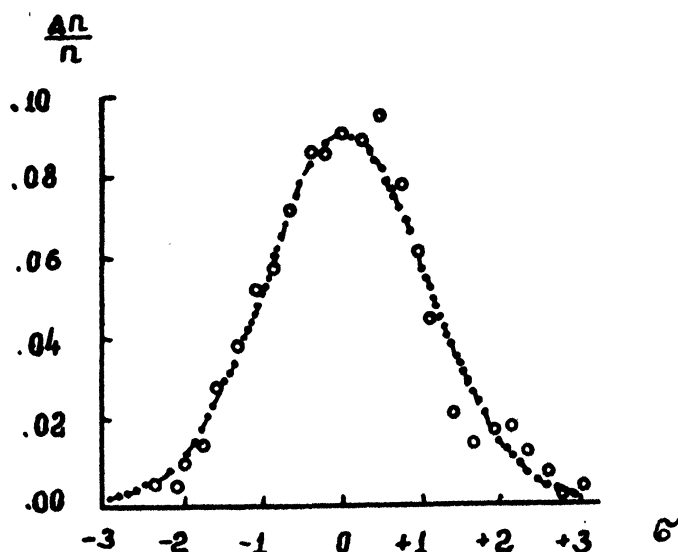


Рис. 3

Для проверки зонального характера активности RW Возничего строились функции распределения блеска. Функции распределения были получены по самому большому ряду наблюдений Эйнбу (1908, 1910–1913, 1917, 1940) и по фотоэлектрическим наблюдениям, выполненным в Крымской и Абастуманской обсерваториях в 1960–1962 гг. (Чугайнов, Зайцева, 1962; Кумсишвили, Магалашвили, Абуладзе, 1964; Чугайнов, 1965).

Подавляющее число оценок блеска получены Эйнбу в одиннадцать сезонов наблюдений. Средняя амплитуда колебания блеска в различные сезоны заметно отличается. По величине амплитуды наблюдения во все сезоны разбиты на две группы с малой и большой активностью, и для обеих групп построены отдельно функции распределения (Рис. 4 и 5) (Ищенко, 1967). Кривая для малой активности (рис. 4) имеет очень большую асимметрию. Различие в асимметрии больше, чем для соответствующих кривых, построенных по солнечным данным (Рис. 2 и 3).

Число наблюдений, использованных для первой кривой, составляет $n_1 = 247$, а второй $n_2 = 363$.

Различия в асимметрии функции распределения в том же смысле получились и по фотоэлектрическим наблюдениям. Ввиду малой общей продолжительности этих рядов наблюдений при большой плотности наблюдений в течение ночи функции распределения вычислены для интервала времени 0.1. Кривые приведены на рис. 6, где узкая и более высокая кривая получена по фотоэлектрическим наблюдениям Чугайнова и Зайцевой в 1960–1961 гг., а низкая и более широкая по кооперативным наблюдениям 1962 г. Чугайнова, а также Кумсишвили,

Магалашвили и Абуладзе. В обоих случаях использованы наблюдения в системе V. На рис. 6 видно, что первая более узкая и высокая

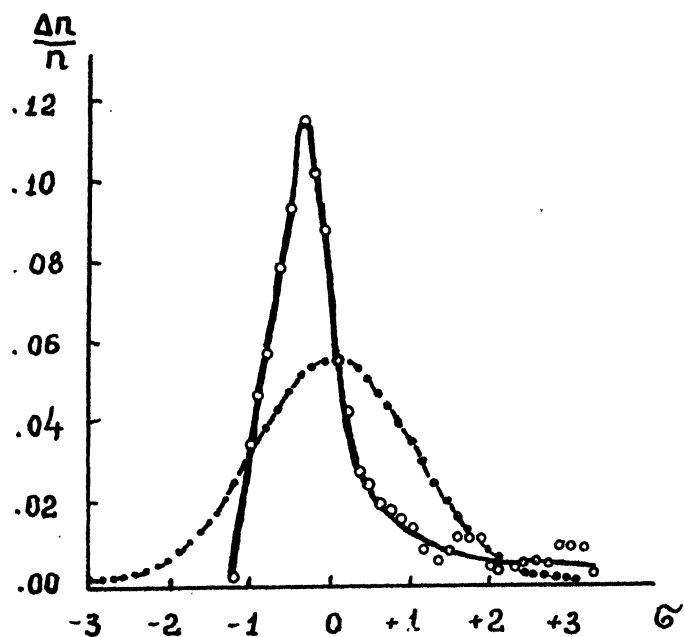


Рис. 4

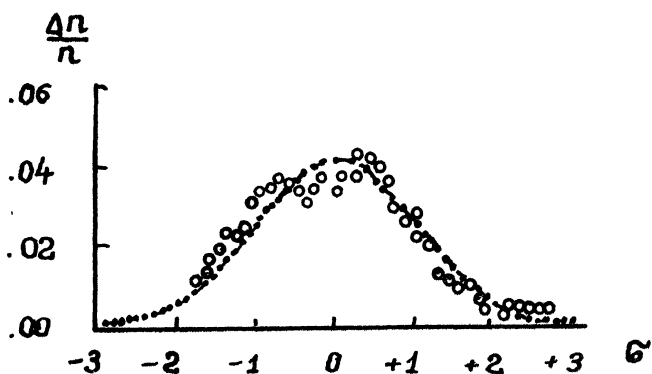


Рис. 5

кривая, относящаяся к интервалу времени с малой активностью звезды, обладает заметной асимметрией. Средняя амплитуда в шкале интенсивностей для второго интервала наблюдений в три раза больше, чем для первого. Число точек, использованных для построения первой кривой, составляет $n_1 = 842$, а второй $n_2 = 744$.

Многими исследователями продолжительные ряды фотометрических наблюдений неправильных переменных звезд использовались для построения функций распределения. Паренго (1954) впервые произвел классификацию неправильных переменных звезд по виду функций распределения. Большое значение форме кривой функции, как средства классификации звезд, придается в работах Лукацкой (1969).

Полученные в данной работе большие различия формы кривой функции распределения одной и той же звезды в зависимости от уровня активности говорят о необходимости большой осторожности, которую необходимо проявлять при попытках использования формы кривой функции распределения для классификации звезд и анализа физических процессов, протекающих на звезде.

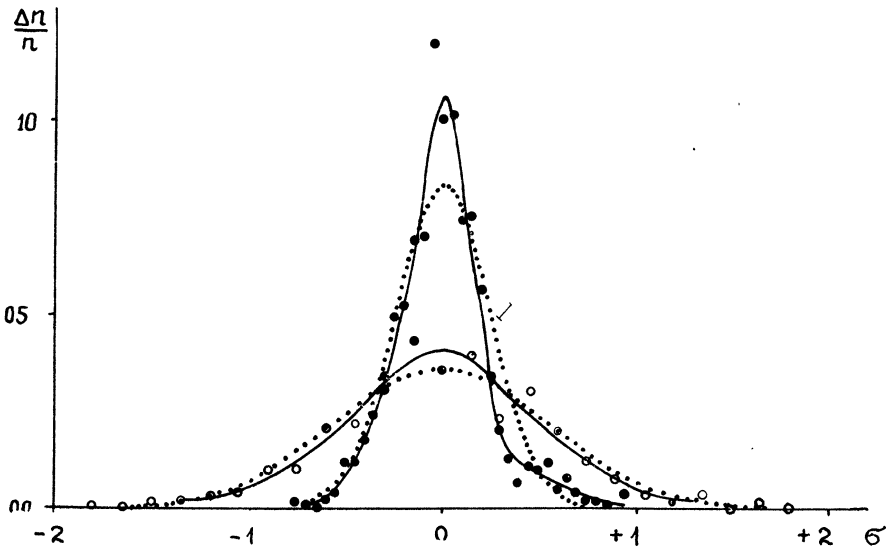


Рис. 6

После проверки методики определения периода осевого вращения по солнечным данным и подтверждения правдоподобности предположения о зональном характере активности RW Возничего, новая методика была применена для попытки определения периода осевого вращения этой звезды.

Для обработки были использованы шесть наиболее продолжительных и плотных рядов оценок блеска переменной: Эймбу, Бейера(1930), Кибе (1934), Яккиа (1929, 1930), Кояма (1938) и Прачки (1909, 1910). Все разности интенсивностей были редуцированы к шкале Эймбу. Результаты вычислений приведены в таблице 1 и на рис. 7. Величина n в таблице 1 означает число полученных разностей.

Таблица 1

Δt	ΔI	n	Δt	ΔI	n	Δt	ΔI	n	Δt	ΔI	n
1 ^d	4.38	543	9 ^d	8.40	370	17 ^d	9.07	351	25 ^d	9.54	387
2	5.65	476	10	8.10	358	18	9.20	354	26	9.43	382
3	6.22	470	11	8.40	370	19	9.10	354	27	9.55	398
4	6.63	433	12	9.28	365	20	9.25	348	28	9.67	390
5	6.85	410	13	8.62	367	21	9.30	351	29	9.10	377
6	7.45	403	14	8.53	362	22	8.83	356	30	9.62	377
7	7.43	399	15	8.75	348	23	9.33	364	31	9.80	380
8	8.45	363	16	9.00	350	24	9.35	371	32	9.73	341

Таблица 1
(продолжение)

Δt	ΔI	n	Δt	ΔI	n	Δt	ΔI	n	Δt	ΔI	n
33 ^d	9.98	323	58	10.30	316	83	10.15	249	107	9.75	156
34	10.10	329	59	10.25	296	84	9.40	238	108	9.90	168
35	10.30	318	60	9.75	295	85	9.50	240	109	9.45	167
36	10.80	304	61	10.50	300	86	9.70	244	110	9.75	178
37	10.30	302	62	10.75	264	87	10.10	229	111	9.30	160
38	9.95	294	63	9.75	250	88	10.60	212	112	10.20	161
39	9.75	288	64	10.30	260	89	10.10	223	113	9.55	168
40	10.20	271	65	10.25	246	90	10.00	231	114	10.30	172
41	9.60	259	66	10.25	246	91	10.10	216	115	10.30	169
42	9.50	277	67	10.60	242	92	10.65	214	116	10.20	158
43	9.75	282	68	10.70	213	93	10.00	186	117	10.00	185
44	10.00	277	69	10.20	219	94	9.40	192	118	10.40	164
45	10.15	249	70	10.20	218	95	9.55	177	119	11.30	157
46	9.50	277	71	10.80	222	96	9.35	162	120	10.70	148
47	10.20	277	72	10.40	216	97	9.90	158	121	9.60	138
48	10.10	280	73	10.70	221	98	9.40	172	122	10.20	137
49	10.50	253	74	10.50	215	99	9.15	153	123	10.75	133
50	9.90	285	75	11.60	214	100	9.20	164	124	10.70	123
51	9.75	288	76	10.40	211	101	9.15	164	125	10.30	129
52	10.00	288	77	10.80	221	102	9.85	169	126	10.25	137
53	10.20	302	78	10.65	221	103	9.65	153	127	10.50	113
54	10.10	298	79	10.00	210	104	10.30	153	128	11.30	114
55	9.90	279	80	10.30	226	105	10.15	160	129	10.95	117
56	10.20	311	81	10.30	234	106	9.75	145	130	11.80	101
57	10.10	326	82	10.20	243						

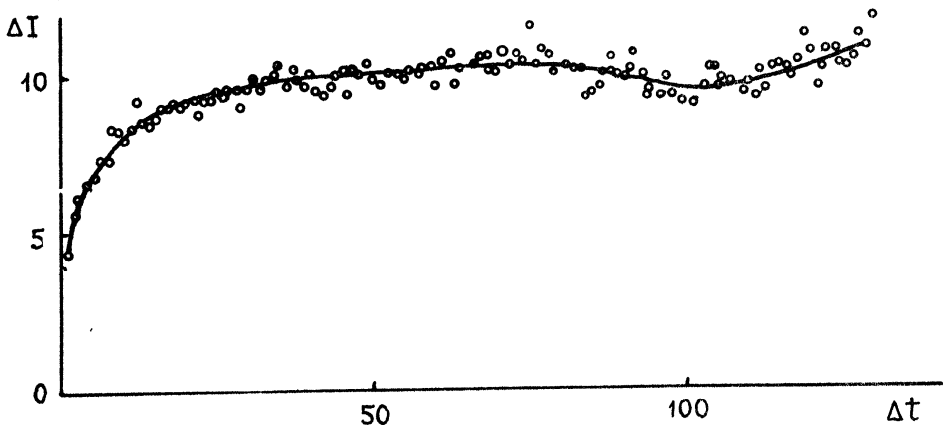


Рис. 7

На приведенной кривой хорошо заметен минимум, приходящийся на интервал времени 100^d . Этот интервал, по-видимому, и может быть принят за период осевого вращения.

RW Возничего, как известно, является тесной визуальной двойной с компонентами dG (5:) e и dM0e. На инструментах малых и средних размеров она не разрешается на компоненты, и оценки блеска относятся ко всей системе. Однако, вклад М-компонента в излучение системы невелик. По определению Джоя и Вилсона, $m_v = 11^m.5$ (1949). М-компонент, по-видимому, является вспыхивающей звездой (Фюртиг, Венцель, 1964), а для вспыхивающей звезды в промежутках между вспышками характерны значительные промежутки времени спокойного поведения. Анализом голубых и инфракрасных избытков в излучении М-компонента, а также вкладом его в излучение системы занимался Шевченко (1967).

Малый вклад М-компонента в излучение системы дает основание предполагать, что определенный период осевого вращения должен относиться к яркому G-компоненту.

Предложенный автором статистический метод определения периода осевого вращения применен пока лишь к одной звезде — RW Возничего. Он, по-видимому, может быть применен к большим рядам фотометрических наблюдений неправильных и вспыхивающих звезд, если только случайно ось вращения не окажется ориентированной близко к лучу зрения. Возможно, что этот метод может быть применен и к звездам некоторых других классов.

Литература:

- Бейер, 1930 — Beyer M., *Erg AN* 8, C 71.
 Вальдмайер, 1961, — Waldmeier M., *The Sunspot-Activity in Years 1610–1960*, Zürich
 Джой, Вилсон, 1949 — Joy A.H., Wilson R.E., *ApJ* 109, 231.
 Ищенко И.М., 1964, ПЗ 15, № 2, 143.
 Ищенко И.М., 1967, ПЗ 16, № 2, 157.
 Кибе, 1934 — Kibe S., *Kyoto Bull* 290.
 Кибе, 1938 — Kibe S., *OAA Rep* № 1, 234.
 Кояма, 1938 — Koyama A., *OAA Rep* № 1, 234.
 Кумсишвили Я.И., Магалашвили Н.Л., Абуладзе О.П., 1964, Абаст бюлл № 30, 33.
 Лукацкая Ф.И., 1969, Статистическое исследование блеска неправильных и полуправильных переменных звезд. Наукова Думка.
 Паренаго П.П., 1954, Труды ГАИШ 25.
 Прачка — Pračka I., Pračka I., *Heft* 1, 25, 1909; *Heft* 2, 12, 1910.
 Фюртиг, Венцель, 1964 — Fürtig W., Wenzel W., *Sterne* 40, 1–2, 35.
 Чугайнов П.Ф., Зайцева Г.В., 1962, ПЗ 14, № 3, 148.
 Чугайнов П.Ф., 1965, Изв КРАО 34, 86.
 Шевченко В.С., Нестационарные звезды в Т-ассоциациях. Из-во "Фан", Ташкент, 1967.

Эйнбу-Енебо II, 19, 1908; IV, 24, 1910; V, 20, 1911; VI, 11, 1912; VIII, 24, 1913; IX, 7, 1917, XII, 10, 1940.
Яккиа, 1929 — J a c c h i a L., BZ 11, 89.
Яккиа, 1930 — J a c c h i a L., AN 240, 121.
Quarterly bulletin on solar activity, NN 154–168, 1966–1969.

Кафедра физики Ташкентского
электротехнического института связи

*Поступила в редакцию
25 сентября 1971 г.*