

УДК: 524.338.5

О ПЕРИОДИЧНОСТИ Т ТЕЛЬЦА ПО ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Г. В. ЗАЙЦЕВА

Поступила 23 мая 1988

Принята к печати 12 декабря 1988

Приведены результаты *UBV*-фотометрии Т Тельца, выполненной в 1977—87 гг. Наблюдения показали волнообразные изменения яркости длительностью около 2000^д и с амплитудой $\sim 0^m2$. Проведенное исследование стабильности периода Т Тельца показало, что период 2.^d80, обнаруженный в результате кооперативных наблюдений в 1985—86 гг., присутствует и в другие сезоны наблюдений, в частности в 1976—77 гг. Если интерпретировать обнаруженные периодические изменения как вращательную модуляцию неоднородной атмосферы, то можно заключить, что на поверхности звезды существуют довольно устойчивые активные образования (пятна).

1. *Введение.* Настоящая работа посвящена изучению звезды Т Тельца, являющейся не только прототипом класса, но и наиболее яркой и наиболее изученной среди звезд этого типа.

Звезды типа Т Тельца известны как неправильные переменные, для которых не поняты до конца причины наблюдаемых фотометрических и спектральных изменений. Картина переменности этих звезд столь сложна и многообразна, что уверенное выделение хотя бы одной составляющей этих изменений могло принести успех.

В последние годы у ряда звезд этого класса на фоне значительной и беспорядочной физической переменности были обнаружены периодические изменения блеска. Так, были определены периоды: 1.^d9 у V 410 Тау [1], 8.^d2 у AA Тау [2], 7.^d6 у BP Тау [3] и другие. Периоды для этих звезд определены с разной степенью надежности, обычно по наблюдениям в ограниченный интервал времени. Лишь для V 410 Тау период 1.^d9 подтвержден наблюдениями в два разных сезона, отстоящих друг от друга на несколько лет [4].

Временная шкала этих периодических изменений, а также их цветовые характеристики позволяют предположить, что имеет место вращатель-

ная модуляция неоднородной атмосферы (пятна), а наблюдаемый период представляет собой период осевого вращения звезды.

Определение нового параметра — периода вращения для звезд, находящихся на стадии эволюции до главной последовательности, является важным результатом. Используя значения $v \sin i$, известные из спектроскопии, и периоды вращения, можно получить оценки радиуса звезды, что, в свою очередь, позволит более точно определить положение звезд типа Т Тельца на теоретической диаграмме Герцшпрунга—Рессела. Кроме того, важным является также вопрос о соотношении вращения звезд и их активности.

Для самой звезды Т Тельца период $2^d.8$ был обнаружен в результате кооперативных наблюдений на нескольких обсерваториях в сезон 1985—1986 гг. [5].

Настоящая работа является непосредственным продолжением исследования Т Тельца, предпринятого автором в 1971 г. [6], и состоит из двух основных частей.

1) В работе представлены результаты патрульных фотозлектрических *UBV*-наблюдений в 1977—87 гг.

2) Проведено исследование стабильности периода $2^d.8$ в колебаниях блеска Т Тельца в разные сезоны наблюдений.

2. *Наблюдательный материал.* Фотозлектрическая *UBV*-фотометрия Т Тельца проводится автором на 60-см рефлекторе Крымской наблюдательной станции ГАИШ, начиная с 1971 г. Результаты фотометрии за период 1971—77 гг. представлены в работе [6]. При наблюдениях в последующие 10 сезонов видимости 1977—87 гг. в качестве звезды сравнения и контрольной использовались те же звезды, что и в [6]. *UBV*-величины Т Тельца, редуцированные к стандартной системе Джонсона—Моргана, приведены в табл. 1 (второй, третий, четвертый столбцы). Первый столбец содержит юлианскую дату. Всего в 1977—87 гг. получено 233 измерения блеска Т Тельца в фильтрах *UBV*.

3. *Результаты наблюдений.* Кривые изменения блеска *V* и показателей цвета (*B—V*) и (*U—B*) Т Тельца приведены на рис. 1. Для наглядности на рисунке представлены все наблюдения автора, начиная с 1971 г., а также несколько наблюдений 1966 и 1967 гг., содержащихся в [6].

Прежде всего заметно прогрессивное увеличение яркости звезды на протяжении всего периода наблюдений примерно от $10^m.2$ до $9^m.8$. Если до 1977 г. Т Тельца была в основном слабее 10^m , то, начиная с осени 1977 г., она почти всегда ярче 10^m . Зимой 1983—84 гг. звезда была самой яркой и достигала $V = 9^m.70$, а в среднем в этот сезон $V = 9^m.78$. Это мед-

Таблица 1

JD 244...	V	B	U	JD 244...	V	B	U
1	2	3	4	1	2	3	4
3374.487	9 ^m 92	11 ^m 16	11 ^m 75	3460.551	9 ^m 97	11 ^m 15	11 ^m 56
375.500	9.95	11.14	11.58	460.588	9.96	11.12	11.57
377.493	9.91	11.11	11.61	496.334	9.98	11.18	11.87
378.503	9.97	11.21	11.70	496.407	9.99	11.20	11.84
379.506	9.94	11.15	11.68	521.406	9.93	11.09	11.59
380.500	9.94	11.12	11.67	522.422	9.94	11.08	11.47
405.557	9.97	11.15	11.48	525.229	9.94	11.14	11.69
405.561	9.97	11.15	11.49	764.560	9.83	10.98	11.37
406.508	10.01	11.17	11.40	778.550	9.89	11.06	11.71
406.535	10.00	11.15	11.35	806.494	9.82	10.97	11.19
406.569	10.01	11.16	11.33	806.555	9.83	10.97	11.24
406.578	10.01	11.16	11.34	806.584	9.84	10.97	11.27
406.583	10.01	11.16	11.35	817.500	9.83	11.01	11.42
407.506	10.01	11.18	11.53	818.573	9.81	10.98	11.34
408.533	10.00	11.20	11.61	821.299	9.84	11.03	11.60
409.381	9.98	11.10	11.30	822.326	9.81	10.97	11.25
410.485	9.95	11.09	11.28	826.311	9.84	10.99	11.37
417.407	9.99	11.16	11.61	831.261	9.85	10.98	11.43
422.440	9.99	11.19	11.62	833.276	9.86	11.04	11.52
423.424	10.00	11.17	11.51	833.502	9.87	11.06	11.56
423.430	9.99	11.15	11.47	835.244	9.85	11.01	11.55
423.481	10.00	11.17	11.49	838.268	9.84	11.04	11.57
424.393	10.00	11.19	11.64	838.499	9.83	11.00	11.42
425.482	9.92	11.05	11.37	850.287	9.89	11.08	11.63
425.526	9.92	11.06	11.38	862.200	9.88	11.09	11.72
426.341	9.96	11.11	11.40	862.353	9.90	11.09	11.72
430.371	9.95	11.10	11.36	865.248	9.85	11.02	11.46
439.400	9.95	11.09	11.37	866.241	9.87	11.06	11.46
439.508	9.95	11.09	11.30	874.204	9.88	11.07	11.51
440.468	10.07	11.29	11.77	888.215	9.89	11.09	11.68
440.478	10.08	11.29	11.76	891.288	9.87	11.09	11.63
441.452	10.03	11.21	11.68	898.231	9.89	11.05	11.51
441.463	10.02	11.23	11.59	905.210	9.90	11.10	11.69
441.473	10.04	11.25	11.64	4140.546	9.86	11.00	11.37
441.482	10.04	11.23	11.71	161.414	9.84	10.94	11.24
441.497	10.04	11.19	11.62	164.409	9.85	10.97	11.33
441.505	10.04	11.21	11.64	175.316	9.85	10.94	11.28
460.532	9.99	11.16	11.57	189.274	9.76	10.85	11.06

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	1	2	3	4
4189.278	9 ^т 75	10 ^т 84	11 ^т 08	4986.269	9 ^т 98	11 ^т 07	11 ^т 29
189.284	9.75	10.83	11.08	988.297	9.98	11.16	11.66
189.289	9.77	10.85	11.06	989.257	9.98	11.13	11.52
189.294	9.77	10.83	11.06	993.238	9.96	11.11	11.57
189.300	9.77	10.84	11.05	5007.268	9.97	11.10	11.56
192.300	9.81	10.93	11.30	011.223	9.99	11.13	11.52
194.312	9.82	10.95	11.35	012.291	9.99	11.15	11.70
194.317	9.84	10.96	11.36	017.253	10.02	11.19	11.70
194.366	9.83	10.96	11.35	018.236	9.99	11.15	11.68
194.371	9.82	10.96	11.37	023.240	10.00	11.18	11.77
195.276	9.84	10.99	11.47	024.268	9.95	11.14	11.73
199.566	9.84	10.96	11.31	226.554	9.87	11.05	11.47
222.240	9.85	10.99	11.42	229.548	9.88	11.03	11.49
226.216	9.87	11.03	11.57	284.349	9.85	11.00	11.63
254.271	9.80	10.92	11.24	285.355	9.85	11.01	11.55
289.215	9.86	11.02	11.55	286.378	9.85	11.01	11.52
290.224	9.84	11.00	11.55	341.227	9.87	11.05	11.67
314.258	9.87	11.02	11.55	410.215	9.77	10.88	11.18
315.275	9.83	10.96	11.46	411.220	9.82	10.98	11.48
317.248	9.89	11.08	11.24	590.539	9.83	10.99	11.64
487.542	9.79	10.88	11.04	591.451	9.79	10.93	11.56
491.554	9.98	11.09	11.42	608.439	9.79	10.95	11.62
521.415	9.86	11.00	11.42	613.544	9.76	10.92	11.48
523.411	9.84	10.99	11.48	614.419	9.77	10.92	11.53
525.417	9.80	10.92	11.27	615.422	9.78	10.91	11.53
526.394	9.84	10.98	11.41	617.541	9.76	10.90	11.38
584.332	9.88	11.02	11.57	619.492	9.75	10.90	11.47
599.341	9.91	11.05	11.56	620.575	9.74	10.88	11.44
635.237	9.90	11.06	11.51	622.424	9.74	10.88	11.43
641.227	9.98	11.13	11.67	624.589	9.79	10.94	11.54
646.232	9.77	10.87	11.15	625.597	9.74	10.90	11.49
665.240	9.92	11.08	11.68	627.567	9.78	10.91	11.46
672.310	9.97	11.14	11.78	642.417	9.72	10.87	11.42
673.242	9.95	11.12	11.75	646.528	9.71	10.85	11.29
876.460	9.92	11.06	11.43	664.362	9.76	10.87	11.25
900.402	9.93	11.06	11.43	674.374	9.72	10.85	11.40
902.395	9.96	11.12	11.62	682.527	9.75	10.91	11.60
981.238	9.92	11.08	11.39	703.310	9.80	10.93	11.50

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	1	2	3	4
5713.365	9 ^м 76	10 ^м 87	11 ^м 36	6408.260	9 ^м 83	10 ^м 96	11 ^м 47
718.240	9.78	10.80	11.28	408.446	9.83	11.01	11.48
720.223	9.85	10.95	11.34	449.359	9.89	11.03	11.64
732.259	9.82	10.97	11.60	460.229	9.85	10.98	11.43
733.358	9.81	10.95	11.60	463.213	9.90	11.06	11.62
734.297	9.83	10.98	11.62	464.268	9.90	11.07	11.59
757.222	9.76	10.88	11.29	466.218	9.90	11.00	11.28
943.536	9.82	10.98	11.42	467.289	9.82	10.89	10.98
969.555	9.85	11.02	11.59	468.250	9.80	10.86	10.94
971.556	9.79	10.90	11.35	469.296	9.87	10.97	11.29
975.571	9.81	10.94	11.44	491.221	9.87	11.01	11.57
994.464	9.80	10.93	11.35	496.235	9.81	10.93	11.37
6000.454	9.78	10.88	11.16	497.230	9.85	10.95	11.25
026.422	9.80	10.95	11.47	503.245	9.93	11.05	11.47
030.395	9.85	10.98	11.52	504.269	9.84	10.97	11.57
035.380	9.83	11.00	11.61	677.545	9.93	11.07	11.58
058.358	9.77	10.88	11.23	679.546	9.91	11.03	11.43
062.220	9.80	10.93	11.42	681.543	9.91	11.05	11.58
081.215	9.85	11.00	11.53	683.549	9.91	11.06	11.60
092.286	9.83	10.97	11.47	685.545	9.94	11.09	11.69
112.235	9.88	11.03	11.63	695.518	9.89	11.05	11.53
119.234	9.80	10.92	11.38	695.593	9.88	11.05	11.56
128.215	9.81	10.92	11.28	702.585	9.90	11.03	11.52
139.220	9.83	10.57	11.45	703.499	9.88	10.98	11.38
344.592	9.82	10.94	11.27	706.539	9.88	10.94	11.02
345.535	9.80	10.92	11.26	708.563	9.92	11.08	11.56
346.504	9.82	10.93	11.24	709.533	9.92	11.04	11.43
357.545	9.81	10.93	11.26	710.519	9.94	11.06	11.50
361.600	9.82	10.93	11.40	715.529	9.94	11.07	11.53
374.363	9.84	10.98	11.56	759.339	9.94	11.07	11.48
379.441	9.83	10.93	11.29	761.438	9.91	11.00	11.22
382.338	9.86	11.01	11.57	770.386	9.90	11.01	11.31
388.358	9.83	10.96	11.37	771.434	9.96	11.09	11.53
389.438	9.81	10.92	11.43	772.355	9.93	11.08	11.54
390.536	9.84	10.94	11.44	773.337	9.93	11.02	11.32
394.367	9.79	10.86	11.18	774.373	9.96	11.10	11.45
405.390	9.84	11.00	11.51	831.264	9.98	11.13	11.71
405.453	9.84	11.00	11.50	831.331	9.99	11.16	11.76
406.300	9.78	10.89	11.32	841.200	9.96	11.11	11.63
406.438	9.78	10.50	11.30	842.186	9.99	11.16	11.71
407.395	9.75	10.83	10.98				

ленное увеличение яркости сопровождалось небольшим, но систематическим уменьшением показателя цвета ($B-V$) примерно от 1^m20 до 1^m12 .

Кроме того, отчетливо видны волнообразные изменения яркости длительностью около 2000^d . Две такие волны хорошо прослежены в интервале JD 2443000—47000. Амплитуда этих волнообразных изменений составляет около 0^m2 . Показатель цвета ($B-V$) при этом также имеет тенденцию к уменьшению при возрастании блеска. И, наконец, можно отметить колебания блеска от ночи к ночи, составляющие в среднем не более 0^m1 . Изменения в показателе цвета ($U-B$) наибольшие, достигают нескольких десятых звездной величины. Происходят они независимо от изменений в фильтре V и носят преимущественно характер всплеск продолжительностью около суток.

В графической форме зависимости блеск—показатели цвета ($B-V$) и ($U-B$) Т Тельца приводятся и обсуждаются в работе [7].

4. *Исследование периодической составляющей.* Как уже отмечалось, для Т Тельца период 2^d8 был обнаружен на основании кооперативных наблюдений нескольких обсерваторий в Америке, Италии, Крыму в сезон 1985—86 гг. [5].

Для понимания природы периодических изменений блеска представляет интерес выяснить, насколько устойчив обнаруженный у Т Тельца период.

В распоряжении автора имеются фотоэлектрические наблюдения Т Тельца, охватывающие 16 сезонов видимости, начиная с 1971—72 гг. по 1986—87 гг., всего более 400 UBV -измерений блеска. Для удобства дальнейшего изложения примем последовательную нумерацию сезонов наблюдений от 1 до 16. В каждый сезон получено в среднем по 20 измерений блеска. Сезон 1976—77 гг. (№ 6) представлен наиболее полно (88 наблюдений).

Прежде чем приступить к анализу наблюдений на периодичность, мы подвергли их следующей обработке:

а) звездные величины V были переведены в потоки с помощью абсолютной калибровки О'Дэлла [8];

б) были исключены из рассмотрения изолированные наблюдения, для которых устранение тренда затруднительно и неуверенно;

в) тренд устранялся линейным образом способом наименьших квадратов для участков от 40 до 140 дней.

Анализ периодичности проводился методом Диминга [9]. Периодограммы, построенные для каждого сезона в отдельности, не показывают уверенно периода 2^d8 из-за малого количества наблюдений и скважности данных. Лишь для сезонов № 4, 13, 16 видны значимые пики, соответствующие периоду 2^d8 .

Периодограмма для сезона № 6 заслуживает особого внимания (рис. 2а). Она построена в интервале частот от 0 до 1 d^{-1} по 88 наблюдениям, полученным за 41 ночь (JD 2443049—43232). Наблюдение JD 2443061 исключено из рассмотрения, поскольку в эту дату произошла сильная вспышка в ультрафиолете. На периодограмме выделяются два пика, соответствующие частотам $\nu_1 = 0.357$ и $\nu_2 = 0.645$, их амплитуды примерно одинаковы. Соответствующие этим частотам периоды 2.80 и 1.55 не являются независимыми ($1/1.55 + 1/2.80 \approx 1$).

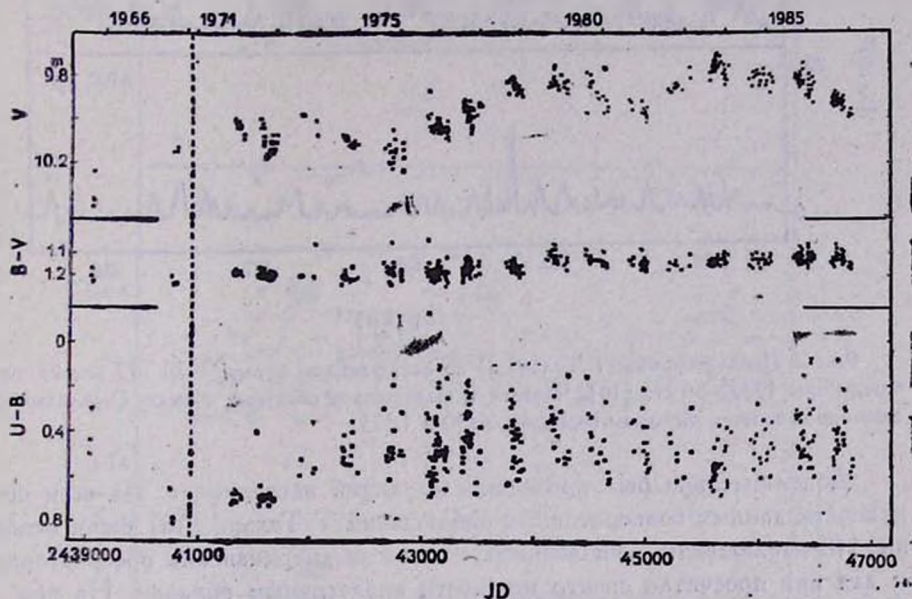


Рис. 1. Кривые блеска и показателей цвета Т Тельца по наблюдениям 1971—87 гг.

Для того, чтобы выделить истинный период, мы воспользовались результатами кооперативных наблюдений Т Тельца, выполненных в 1985—86 гг. [10]. Всего на различных обсерваториях было получено 206 V -измерений в интервале 203 суток (108 ночей наблюдений). Как уже упоминалось, в работе Хербста и др. [5] на основании этих наблюдений у Т Тельца был обнаружен период 2.80 . Но в этой работе спектр мощности построен для интервала частот от 0 до 0.5 d^{-1} и не захватывает периода

1.55 . Предельно высокая частота вычислялась как $\nu = \frac{N}{2T}$, где N — число наблюдений, а T — временная продолжительность данных ($N = 206$, $T = 203$ дня). Поскольку исходный ряд не является равномерным, мы продолжили спектр мощности до 1 d^{-1} . Предварительно тренд был убран

тем же способом, что и для всего ряда наблюдений автора. Периодограмма, построенная на основании этих данных методом Диминга, приведена на рис. 2b. В интервале частот от 0 до 1 выделяется лишь один пик, соответствующий частоте $\nu = 0.357$.

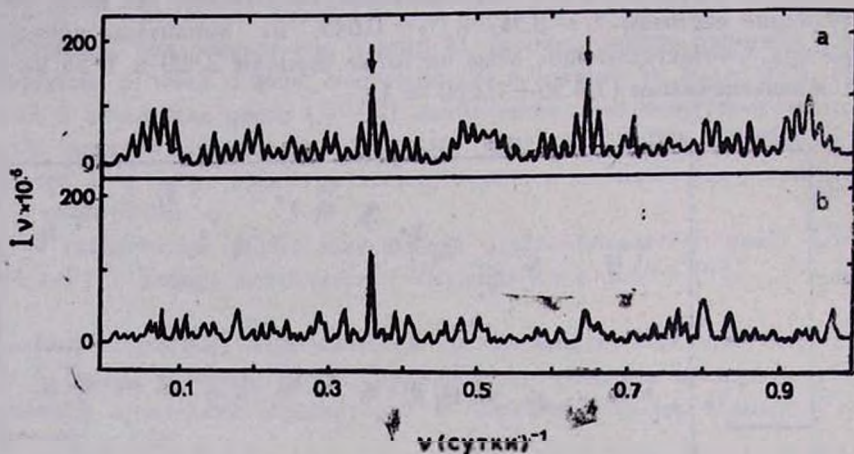


Рис. 2. Периодограммы Т Тельца а) по наблюдениям автора 1976—77 гг.; б) по наблюдениям 1985—86 гг. [10]. Частота ν выражена в обратных сутках. Стрелками указаны пики, соответствующие периодам 2.480 и 1.455.

Дополнительно был проведен следующий эксперимент. Из всей совокупности данных кооперативных наблюдений Т Тельца [10] были отобраны 118 наблюдений, выполненных только на американских обсерваториях, и для них просчитан спектр мощности аналогичным образом. На нем отчетливо выделяются два значимых пика, соответствующие частотам $\nu_1 = 0.357$ и $\nu_2 = 0.645$.

Таким образом, кооперативные наблюдения, выполненные в ряде обсерваторий, расположенных на разных географических долготах, дали возможность с уверенностью выделить истинный период в колебаниях блеска Т Тельца. На периодограмме 2b почти полностью отсутствуют пики, обусловленные скважностью данных. Рис. 2a, b наглядно иллюстрирует пользу кооперации в такой непростой задаче, как поиск периодической составляющей в изменениях блеска звезд типа Т Тельца.

На рис. 3a, b приведены средние кривые блеска в лучах V соответственно для сезонов 1976—77 гг. и 1985—86 гг., построенные с периодом 2.480 по тем же данным, которые использовались для построения спектров мощностей. Синусоиды проведены способом наименьших квадратов. Начальная эпоха в обоих случаях одинакова $E_0 = \text{JD } 2440000.0$. Амплитуда

физической переменности, ответственной за разброс точек около синусоиды, в несколько раз превышает амплитуду периодической составляющей.

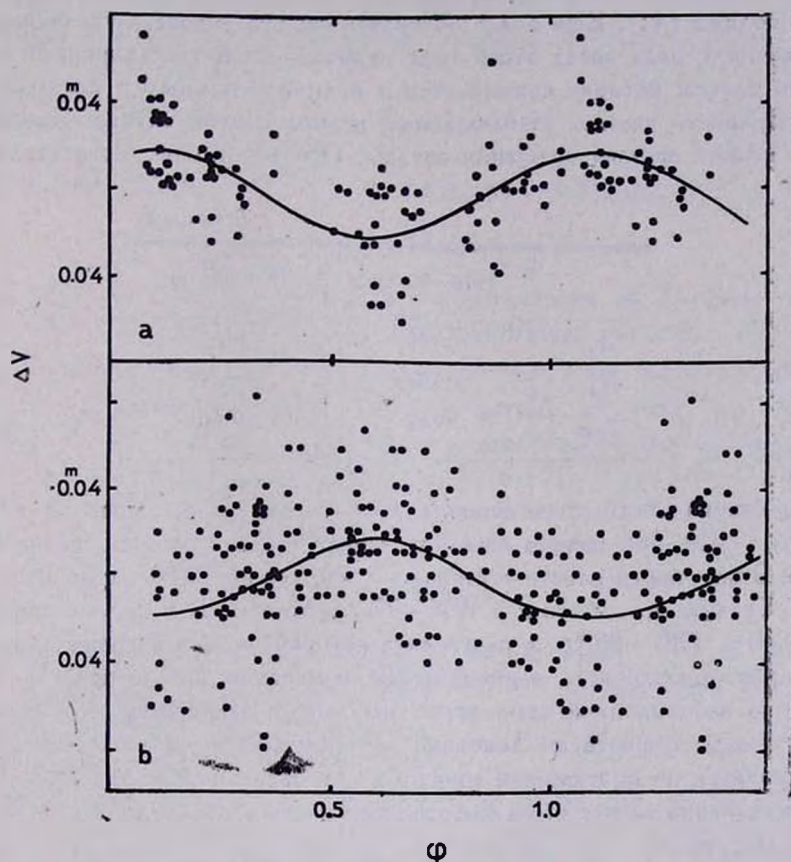


Рис. 3. Средние кривые блеска Т Тельца. а) по наблюдениям 1976—77 гг.; б) по наблюдениям 1985—86 гг. [10]. Фазы вычислены с периодом 2.480.

В табл. 2 приведены амплитуды периодической составляющей для 1985—86 гг. согласно [5], а для 1976—77 гг. данные получены в результате настоящего исследования. По двум сезонам амплитуды в фильтрах *V* и *B* получились практически одинаковые, возрастающие в синюю область спектра. Амплитуда периодического компонента в фильтре *U* определяется очень неуверенно из-за сильного влияния вспышек. Наблюдается также смещение фазы максимума для этих двух сезонов, что может быть вызвано либо недостаточной точностью определения периода, либо реальными его изменениями со временем. Возможно, оба эти фактора действуют одновременно.

5. *Обсуждение результатов.* В последние годы в отношении звезд типа Т Тельца все более развивается представление о существовании на этих звездах поверхностных неоднородностей, связанных с локальными магнитными полями [11]. Еще более обоснованной эта гипотеза стала после обнаружения у ряда звезд этого типа периодической составляющей в изменениях блеска, которая связывается с наличием темных и светлых пятен на поверхности звезды. Наблюдаемый период в этом случае представляет собой период осевого вращения звезды. Особый интерес представляет во-

Таблица 2

	1976—77 гг.	1985—86 гг.
A_B	0 ^m 052	0 ^m 054
A_V	0 ^m 038	0 ^m 037
$\varphi_{\max}$	0.10	0.60

прос о стабильности этого периода. Как мы отмечали, лишь для одной звезды V 410 Тау период был подтвержден в два разных сезона наблюдений. В настоящей работе установлено, что период 2.^d80 в изменениях блеска Т Тельца имел место и в 1976—77 гг., то есть за 9 лет до кооперативной работы 1985—86 гг., в результате которой он был впервые обнаружен. Если интерпретировать периодические изменения как вращательную модуляцию неоднородной атмосферы, мы можем заключить, что на поверхности звезды существуют довольно устойчивые активные образования, сохраняющиеся на протяжении многих десятков периодов. Малая амплитуда этих изменений может быть следствием малого угла наклона, под которым мы видим звезду.

Сейчас нет возможности установить, с какой точностью сохраняется период у Т Тельца. Обнаруженное изменение фазы может быть обусловлено именно изменениями периода. Проводя аналогию с Солнцем, можно допустить, что пятно на поверхности звезды не является вполне стационарным образованием, оно может смещаться по широте, может меняться его форма и яркость.

В этой связи особенно интересны дальнейшие исследования периодичности Т Тельца на основе новых кооперативных исследований.

В заключение резюмируем основные итоги работы.

1. Многолетние патрульные наблюдения Т Тельца показали волнообразные изменения яркости длительностью около 2000^d с амплитудой $\approx 0^m 2$.

2. Анализ наблюдений, полученных в сезон 1976—77 гг. (88 наблюдений), выявил наличие периодической составляющей в изменениях блеска с $P = 2.^d80$ и амплитудой $A_V = 0.^m038$.

Автор благодарен В. М. Лютому за помощь в вычислениях.

Государственный астрономический
институт им. П. К. Штернберга

ON PERIODICITY OF T TAURI FROM PHOTOMETRIC DATA

G. V. ZAJTSEVA

Results of photoelectric *UBV*—observations of T Tauri carried out in 1977—87 are given. Wave—like brightness variations with a duration of about 2000^d and an amplitude of $\sim 0.^m2$ are found. A study of the period stability has shown that the period of 2.80^d found from the 1985—86 co—operative observations are present also in the other seasons of observations, particularly in 1976—77. If periodic variations are interpreted as a rotational modulation then it can be concluded that rather stable active formations (spots) exist on the star surface.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. E. Rydgren, F. J. Vrba, *Astrophys. J.*, 267, 191, 1983.
2. A. E. Rydgren, F. J. Vrba, P. F. Chugainov, N. I. Shakhovskaya, *Bull. Amer. Astron. Soc.*, 17, 556, 1985.
3. F. J. Vrba, A. E. Rydgren, P. F. Chugainov, N. I. Shakhovskaya, D. S. Zak, *Astrophys. J.*, 306, 199, 1986.
4. W. Herbst, J. F. Booth, F. J. Vrba, *Bull. Amer. Astron. Soc.*, 18, 983, 1986.
5. W. Herbst, J. F. Booth, P. F. Chugainov, G. V. Zajtseva, W. Barksdale, L. Terranegra, F. J. Vrba, *Astrophys. J.*, 310, L71, 1986.
6. Г. В. Зайцева, *Астрофизика*, 14, 17, 1978.
7. Г. В. Зайцева, *Астрофизика*, 25, 471, 1986.
8. S. L. O'Dell, J. J. Puschell, W. A. Stein, J. W. Warner, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 38, 267, 1978.
9. T. J. Deeming, *Astrophys. and Space Sci.*, 36, 137, 1975.
10. W. Herbst, J. F. Booth, D. L. Koret, G. V. Zajtseva, N. I. Shakhovskaya, F. J. Vrba, E. Covino, L. Terranegra, A. Vittone, D. Hoff, L. Kelsey, R. Lines, W. Barksdale, *Astron. J.* 94, 137, 1987.
11. П. П. Перлов, А. Г. Щербаков, *Proc. Third Europ. Astron. Tbilisi Meeting*, 1976, p. 163.